الجمهورية العربية السورية

وزارة الكهرباء

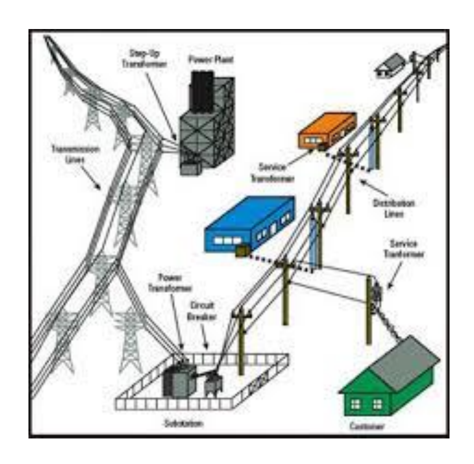
المؤسسة العامة لتوزيع الطاقة الكهربائية

الشركة العامة لكهرباء محافظة حمص

مديرية التخطيط والإحصاء

مكتب التدريب

# الحمايات الكهربائية في محطات التحويل KV (66/20)





إعداد : م. زينـــــة نصّـــور

إشراف :م.إبرا هيم إبراهيم


رئيس مكتب التدريب

م. هاني متري

مدير التخطيط والإحصاء

م.علي المحمود

المدير العام

للشركة العامة لكهرباء محافظة حمص

المهندس مصلح الحسن

# الفهرس

# الفصل الأول
# مدخل إلى البحث

## 1-1- مقدمـــــة:

إن توليد ونقل وتوزيع القدرة الكهربائية يحتاج لجهود هائلة ومتنوعة ومكلفة جداً بالإضافة للجهود المبذولة أثناء الدراسات والتنفيذ ، ونظام القدرة بما يحتويه من محولات ومولدات وخطوط هوائية وكابلات خاصة بالنقل والتوزيع يتعرض لحوادث وأعطال تؤدي لتلف التجهيزات التي يكون إصلاحها باهظاً، لذلك وباستخدام الحمايات يتم تجنيب النظام الأعطال الكبيرة.

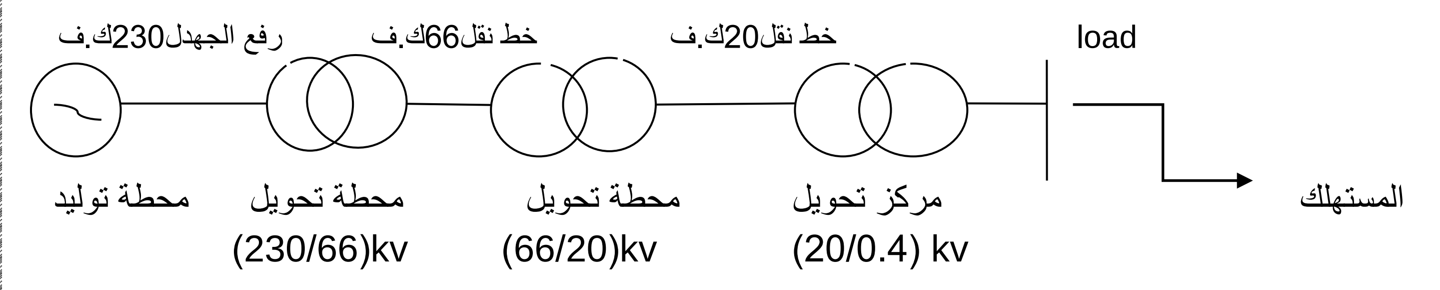
فإذا لم تتخذ الإجراءات الوقائية المناسبة والمطلوبة فإن التجهيزات معرضة للأعطال والتلف وعملية إصلاحها أو استبدالها مكلفة جداً, بالإضافة لذلك سيحصل خسائر الناتجة عن انقطاع التيار الكهربائي عن المنشآت الحيوية الهامة مثل المصانع والمعامل الضخمة ذات الحيوية الاقتصادية وبالتالي خسائر كبيرة في اقتصاد البلدان وإيراداتها.

إن استمرار التغذية الكهربائية بشكل سليم يتطلب استخدام أجهزة حماية محددة ومناسبة وللأسف فإن هذا الموضوع لا يلاقي الاهتمام الكافي مع إنه هام جدّاً لحماية التجهيزات الكهربائية والتي تكون ذات تكاليف عالية حيث أن نظام القدرة يتعرض لحوادث غير طبيعية تكون إما ناتجة عن أسباب داخلية أو أسباب خارجية.
إن الأعطال التي تحدث نتيجة لأسباب داخلية سببها انهيار العازلية أو سوء التصنيع, أما الأعطال الناتجة عن أسباب الخارجية تتمثل بضربات البرق التي تؤدي إلى تطبيق توترات عالية جداً لا يمكن لنظام القدرة تحمله،أو نتيجة لدارات القصر والحل يكون باستخدام الحمايات ، وإن دور الحمايات الكهربائية في نظام القدرة وتحسين مردود التشغيل والاستمرار بتطوير أنظمة القدرة الكهربائية بشكل عام آت مباشرة بسبب التقدم في مجال الحمايات والتحكم ويجب من التنويه إلى أن **<u>عمل جهاز الحماية لا يكون عملاً وقائياً</u>** كما يظهر من اسمها ولكن جهاز الحماية يعمل فقط بعد حدوث العطل, بمعنى أن الحماية لا تمنع حدوث الأعطال ولكنها تقلل من نتائجها الضارة والآثار الجانبية السلبية إلى أدنى حد ممكن. أي أن الغرض من نظام الحماية هو التشغيل السليم للقواطع الآلية من أجل فصل الجزء الذي أصابه العطل في الشبكة دون بقية الأجزاء التي تعمل بشكل طبيعي وذلك للحد من التلف الناتج من الأعطال عند حدوثها.

وقبل الدخول في تفاصيل هذا الموضوع والحديث بشكل مفصل عن وصف المحطات الكهربائية وأقسامها وتجهيزاتها والإحاطة بموضوع الحمايات المستخدمة ضمن هذه المحطة وميزاتها وشروطها وآلية عملها سيتم التنويه عن الشبكة الكهربائية بشكل عام أو نظام القدرة ومكوناته.

## 2-1- مكونات المنظومة الكهربائية:

تتألف نظم القدرة الكهربائية في منطقة ما أو دولة ما، من محطات التوليد الكهربائية ، ومحطات التحويل الرافعة للجهد ، ومن خطوط نقل القدرة الكهربائية بالتوتر العالي ، ومن محطات التحويل الخافضة للجهد ، ومن خطوط نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر المتوسط ثم من مراكز التحويل الكهربائية التي تخفض التوتر في شبكات التوزيع ليصبح ملائماً لاحتياجات المستهلكين الصناعيين والتجاريين والسكنيين الذي يستقبلون بذلك الطاقة الكهربائية المرسلة من محطات التوليد الكهربائية. الشكل (1) يظهر مخطط بسيط لنظام القدرة ومكوناته.




الشكل (1) مخطط بسيط لنظام القدرة ومكوناته

وفيما يلي التسلسل المتبع بدءاً من توليد الطاقة الكهربائية حتى وصولها للمستهلك, حيث يتم توليد الطاقة الكهربائية في محطات التوليد عن طريق العنفات أو التوربينات ويمكن هنا ذكر أنواع محطات التوليد باعتبار أنها جزء أساسي من المنظومة الكهربائية والعنصر الأول في النظام حيث تقوم محطات التوليد الكهربائية بتحويل مختلف أشكال الطاقة إلى طاقة كهربائية ولذلك فإن طريقة تصنيف محطات التوليد تتحدد من نوع مصدر الطاقة الخام المستخدم فيها أو من نوع الطريقة التي يتم بها تحويل الطاقة الخام إلى طاقة حركية من خلال محرك ميكانيكي يدير المولدات الكهربائية.

تصنف محطات التوليد من حيث نوع الطاقة إلى :

- محطات كهروحرارية تستخدم الطاقة الكيميائية المخزنة في الوقود كالفحم والبترول والغاز وكذلك في الأخشاب والمخلفات العضوية بعد تحويلها إلى طاقة حرارية
- محطات كهرومائية وريحية وتستخدم الطاقة الحركية المتوفرة في مياه الشلالات الطبيعية ومياه السدود ومياه المد والجزر وفي الرياح
- محطات كهروذرية وتستخدم طاقة الذرة التي تنتجها المفاعلات الذرية
- محطات كهروشمسية وتستخدم الطاقة الحرارية أو الضوئية المتوفرة في ضوء الشمس
- محطات تستخدم حرارة باطن الأرض.

- بعدها يتم رفع التوتر إلى 230 ك.ف و400 ك.ف عن طريق محولات رافعة للتوتر وبعد عملية رفع التوتر تنقل إلى محطات التحويل والهدف من عملية رفع التوتر هو منع حدوث هبوط بالتوتر بسبب المسافات البعيدة التي تنقل إليها وأيضاً لتقليل الضياعات.
- تقوم محطات التحويل(230/66) ك.ف بتخفيض التوتر إلى 66 ك.ف تنقل إلى محطات التحويل (66/20)ك.ف وأيضاً يتم هنا تخفيض التوتر إلى 20 ك.فينقل بعدها إلى مراكز التحويل (20/0.4)ك.ف التي توزعه للمشتركين.
- تقوم محطات التحويل في الشبكة بالربط بين محطات التوليد ومراكز التحويل أي المستهلك وتقوم بدور التوزيع والتحويل.
- تعتبر الشركة العامة لكهرباء محافظة حمص مسؤولة إدارياً وفنياً عن قسم 20 ك.ف في محطات التحويل (66/20) ك.ف بينما تتبع المحطات ذات التوترات الأعلى 400&230 لمؤسسة العامة لنقل الكهرباء بحمص ويبقى تابعية قسم 20 ك.ف في هذه المحطات للشركة استثماراُوصيانةً.
- وسيتم في الفصول القادمة التوسع في شرح محطات التحويل وكيفية حمايتها.

**3-1- الهدف من البحث** : يهدف هذا البحث إلى تسليط الضوء على أهمية الحمايات الكهربائية كجزء أساسي من نظام القدرة الكهربائية لا يمكن أن تسير عملية نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية بدونه ، كما يهدف البحث إلى التعريف المفصل بمحطات التحويل الكهربائية (66/20) ك.ف ولفت نظر القارئ إلى الحمايات الكهربائية وأنواعها وأهمية استخدامها وصولاً به إلى الحمايات الموجودة في المحطة التي هي العصب الأساسي لعمل المحطة ،بهدف إيصال الطاقة الكهربائية بالشكل السليم إلى المستخدم مع المحافظة قدر الإمكان على هذه الطاقة وحمايتها من الضياعات والهدر وكذلك حماية العنصر البشري بالدرجة الأولى ، وحماية التجهيزات والأدوات المستخدمة أينما توضعت في نظام القدرة.كما يهدف لإعداد وثيقة تدريبية يستفاد منها في تدريب المهندسين والعاملين في الشركة العامة لكهرباء محافظة حمص.

# الفصل الثاني

# الحمايات الكهربائية أنواعها – ميزاتها– وظائفها

## 2-1-مقدمـــة:

يتم حماية النظام الكهربائي بمجموعة كبيرة من الحمايات المختلفة الوظائف والأنواع ويتم تغذيتها بالتيار أو التوتر أو التيار والتوتر معاً وذلك من محولات التيار والتوتر التي تختلف عن محولات الاستطاعة والتي تستخدم كما ذكر سابقاً لأغراض التحكم والقياس والحماية.

إن أجهزة الحماية الكهربائية هي أجهزة تستجيب للحالات غير النظامية في نظام القدرة وتتحكم بالقواطع الآلية وذلك من أجل عزل القسم الذي أصابه العطل فقط من الشبكة الكهربائية دون بقية الأقسام التي بحالة العمل الطبيعي.

من أجل أن تكون الحماية الكهربائية قادرة على ذلك يجب أن تكون قادرة وبدون تأخير على تقرير أي من القواطع الآلية يجب فصله لعزل القسم الذي أصابه العطل من الشبكة المراد حمايتها،كما تعتبر أجهزة الحماية شكلاً من أشكال التأمين من وجهة النظر الاقتصادية.فهي تحمي نظام القدرة ذو المنفعة العامة من ضياع الموارد المالية بسبب تلف وانهيار التجهيزات وانقطاع التغذية في حال عدم استخدامها وباستخدامها في مختلف أنظمة القدرة تحدد الأعطال بسرعة وتعزل الأجزاء المتضررة فقط، بالإضافة إلى ذلك فهي تحمي الأشخاص وتساعد على الحد من تضرر الأجهزة وتعطل الإنتاج فهي تدعى بالحارس الصامت والعقل الكهربائي.

**تعريف الريليه** :هي جهاز كهربائي يحدد ويقارن التغيرات الفيزيائية المقدمة إليه من أجهزة القياس من دارات الدخل مع القيم المعيّرة عليها ويؤدي عند شروط معينة إلى إغلاق عمل دارة أو عدة دارات. وقد عرّبت مؤسسة الأهرام المصطلح ريليه إلى مرحل أما في الجامعات السورية والمراجع السورية تسمى بحاكمة أو زاجلة.

- **ظهرت الحمايات وتطورت بالتدريج ويمكن تصنيفها إلى ثلاثة أجيال:**

**الجيل الأول: الحمايات التي تتضمن الريليات الكهرميكانيكية Electromechanica relay**

وهي مازالت مستخدمة في الخدمة وبفعالية جيدة, لكن وثوقيتها قليلة نسبياً بسبب العطالة الحركية للعناصر المتحركة فيها من نوابض ووشائع وملفات. يوجد في هذا النوع من الريليات تأخير زمني بسبب الأجزاء المتحركة التي تنشأ عنها العطالة حيث أن تحرك الذراع وانجذابه وغيرها يحتاج لزمن.

**الجيل الثاني: الحمايات التي تتضمن ريليات الكترونية Static relay**

مكونة من عناصر الكترونية (ترانزيستور وديود زينر) وغيرها من العناصر تعمل بأداء جيد بدون عناصر متحركة لذلك تسمى "static relay" عيبها هو تغير خواص العناصر مع تغير درجة الحرارة, تتغذى بالتيار والتوتر بشكل مستمر لذلك فالعناصر الالكترونية ستسخن وتتغير خواصها ويتغير أداء الريليه,

ومن مميزاتها :

أ- سرعة الاستجابة: لعدم وجود عناصر ذات عطالة وتؤمن استجابة بوقت أقل من(20sec).
ب- ضعف استهلاكها للطاقة الكهربائية.
ت- صغر حجمها.

**الجيل الثالث: الحمايات التي تتضمن ريليات رقمية:**

هذا النوع هو الأحدث والأكثر سرعة من بين جميع الأنواع حيث تقوم الريليات في هذا النوع بفصل العطل بزمن قصير جداً وقد تستخدم الريليه الواحدة لعدة أنواع من الأعطال ولعدة تجهيزات.

## 2-2- الأجهزة المستخدمة في نظام الحماية :

إن الأجهزة المستخدمة في نظام الحماية هي
1- المنصهرات - 2- القواطع الآلية - 3-الريليات

4- محولات التوتر 5- محولات التيار -6- مانعات الصواعق

وفيما يلي شرح لكل جهاز منها :

**2-2-1- المنصهرات(Fuses)** وتعتبر المنصهرات (Fuses) من أبسط وأقدم أجهزة المستخدمة في مجال الحمايات الكهربائية وهي الأرخص ثمناً.

**تعريفها :** هي جهاز حماية من التيارات الزائدة الناتجة عن دارات القصر أو الحمولة الزائدة وتفتح الدارة نتيجة انصهار عنصر قابل للانصهار عند زيادة التيار عن قيمة محددة خلال زمن مناسب.
تتكون المنصهرات بشكل عام من الأجزاء التالية : حامل المنصهرة ويتكون من قاعدة المنصهرة وممسك المنصهرة كما تتكون أيضاً من عنصر المنصهرة وبعض أجهزة الحماية الأخرى.

### 2-2-2- القواطع الآلية(Circuit Breaker)

بما أن الحديث عن الحمايات التي تعطي أوامر الفصل للقواطع الآلية فلا بد من شرح القاطع الآلي وأجزائه ووظائفه. تستخدم القواطع إما لعزل الدارات عند حدوث أعطال بواسطة الحماية أو عزل الدارة بواسطة فتح القاطع لإجراء أعمال الصيانة وقاطع التوتر العالي يتألف من:

1- ثلاثة أقطاب R-S-T موضوعة ضمن عازل بورسلاني بداخله مادة عازلة ( زيت, غاز SF6).
2- مادة عازلة ( فاكيوم – SF6- زيت عازل) لتخميد القوس الكهربائي وإطفاء الشرارة.
3- تماسات الفصل والوصل.

4- علبة القيادة يتم من خلالها التحكم كهربائياً ويدوياً بالقاطع الآلي, تحوي نابض يتم شحنه للحصول على القوة الميكانيكية الكافية لوصل أقطاب القاطع, محرك لشحن النابض, مؤشر الدلالة على وضع القاطع ON- OFF ،الشكل (16).

كما ويكون القاطع الآلي مصمماً على إطفاء الشرارة الكهربائية وبالتالي يكون هو أول من يفصل بالدارة ولا يتم تجريب ( وصل ) القاطع بعد الفصل القهري إلا لمرة واحدة وبعد إعلام مركزي العمليات والتنسيق. يوجد نوعين من القواطع الآلية:

1- قواطع التوتر المتوسط - العالي (التوتر بين 10-34.5) كيلو فولت واستطاعة القطع بين 500-2500 ميغا فولت تستخدم في المحطات الثانوية ودارات المولدات في محطات الطاقة الكهربائية

2- قواطع التوتر العالي توترها أعلى من 40 كيلو فولت وتستخدم في خطوط النقل العامة.

وقد جرت عليها تعديلات كثيرة فيما يتعلق بالسرعة واستطاعة القطع وصغر الحجم ولها أربعة أشكال:

1- القواطع الزيتية.

2- القواطع الآلية ذات الزيت القليل.

3-قواطع الهواء القسري.

4- قواطع ذات الغاز العازل SF6.

**وبشكل عام فإن القاطع الآلي مهما كان نوعه يجب أن يتميز بما يلي :**

1-يفتح ويغلق في أقصر زمن تحت جميع الحالات.

2- إمكانية حمله للتيار النظامي للشبكة.

3- إمكانية التحمل الحراري والميكانيكي لتيارات دارات القصر.

4- لا يؤدي إلى ارتفاع في التوتر أثناء الفتح والإغلاق.

5- سهل الصيانة.

وتسمى قدرة القاطع الآلي على فصل التغذية حين حدوث دارات قصر استطاعة القطع وتعطى بالكيلو أمبير وهي أكبر تيار عطل يستطيع القاطع فصله بآمان ونذكر هنا مميزات القاطع الآلي 66 ك.ف.

| مميزات القاطع الآلي 66 ك.ف | Circuit Breaker 66 kv | Value |
|---|---|---|
| توتر العمل النظامي والتردد النظامي | Rated voltage &frequency | 66kv – 50HZ |
| توتر العمل الأعظمي | Highest system voltage | 72.5kv |

| | | |
|---|---|---|
| توتر العازلية لمدة دقيقة عند التردد 50 HZ | Power frequency 1 minute with stand voltage | 140kv |
| التوتر النبضي | Impulse with stand voltage 1,5/50 micro sec | 325kv peak |
| التيار النظامي | Rated Current | |
| خلية الربط | Coupling Bay | 1500A |
| بقية الخلايا | Other Bay | 1250A |
| تيار القصر الاسمي | Rated short circuit current | 25KA |
| تيار القصر لمدة 1 ثانية | Rated short circuit current for 1 sec | 25KA |
| تيار القصر الأعظمي | Maximum short circuit current | 64KA peak |
| توتر التغذية الثانوي النظامي | Rated secondary supply voltage VAC | 220/380VAC |
| توتر التغذية الثانوي المستمر | secondary supply voltage VDC | 220 VDC |

## 2- 2-3- ثالثاً :الريليات Relays (الحاكمات):

كما ذكر سابقا بتعريف الريليه فإنها تقوم بالمقارنة بين القيم المقاسة من الحساسات والقيم المعايرة عليها لتعطي على أساس هذه المقارنة الأوامر المناسبة للقواطع, أي أنها تستطيع إجراء عملية قياس أو استقبال إشارة تحكم وبالتالي تعمل عمل المراقب للنظام بشكل مستديم.

**منطقة الحماية :** تحدد منطقة الحماية بالمكان المحصور بين مواقع وسائل التحسس للأعطال (محولات التيار CT) ،ويتم عمل مناطق الحماية المختلفة بحيث تحدث عملية تراكب فيما بينها (Over lap) وهكذا لا يتم ترك أي جزء من نظام القدرة بدون حماية.

## 2-2-3-1- تصنيف الريليات:

تصنف الريليات إلى أنواع كثيرة جداً وذلك حسب وجهات التقسيم التالية :

- **تصنيف الريليات حسب مبدأ عملها :**

1- الريليات الكهرومغناطيسية ذات مبدأ الجذب منها:
- الريليات ذات الحافظة المنجذبة.
- الريليات المكبسية أو الغطاسة.
- الريليات ذات الجائز المتوازن.
– الريليات المستقطبة.
- تشمل الريليات ذات الوشيعة المتحركة (المغناكهربائية).
- الريليات ذات الإطار المتحرك.

2- الريليات الحرارية.

3- الريليات الالكترونية.

4- ريليات الترانزيستور.

5- ريليات جسور التقويم.

6- ريليات المضخمات المغناطيسية.

7- الريليات غير الكهربائية مثل حماية بوخولز وتعتمد على مبدأ تحلل أو اندفاع الزيوت العازلة في المحولات الكهربائية.

**تصنيف الريليات حسب مهمتها:**

تصنف الريليات حسب المهمة التي تقوم بها إلى :

1- ريليات الحماية.

2- ريليات التحكم الآلي.

3- ريليات تنظيمية.

4- ريليات زمنية.

5- ريليات التنبيه والإشارة.

6- ريليات مساعدة.

**تصنيف الريليات حسب استطاعتها :** تصنف الريليات حسب استطاعتها أوحسب حساسيتها إلى:

1-الريليات الحساسة جداً وتوجد في غرف العمليات.
2- الريليات الحساسة. 3- ريليات القدرة.

**تصنيف الريليات حسب القيمة المقاسة :** وتصنف الريليات التي تتجاوب مع كميات كهربائية مثل التيار أو التوتر أو الممانعة والريليات التي تتجاوب مع كميات غير كهربائية مثل ضغط الغاز ودرجة الحرارة والاهتزاز وأهمها ما يلي :
1- ريليات التيار (زيادة التيار – دارات القصر).
2- ريليات التوتر ( ارتفاع التوتر – هبوط التوتر).

3- ريليات الاستطاعة.

4- ريليات الممانعة

**5**- ريليات التردد.

6ريليات زمنية.

7ريليات الحرارة.

8ريليات الضغط.

9ريليات السرعة.

**تصنيف الريليات حسب زمن عملها :**
تصنف الريليات حسب زمن عملها إلى :
1- ذات عمل لحظي أو فوري وتعمل بدون أي تأخير زمني.
2- ذات تأخير زمني محدود ويكون زمن التأخير الزمني ثابت ومستقل عن كمية التشغيل وتكون هذه الريليه إما مستقلة أو ضمن الريليات الرئيسية.
3- ذات زمن عكسي ، وهي بالنسبة لريليات زيادة التيار يكون زمن التشغيل متناسب عكساً مع تيار العطل (أي كلما كبر تيار العطل يصبح القطع أسرع).
4- ذات زمن عكسي مع زمن أصغري محدود وتكون في الريليات التحريضية زمن الفصل متناسب عكساً مع تيار العطل إلا أن للزمن قيمة أصغرية لا يمكن تجاوزها مهما كبر تيار العطل.
5- ذات زمن عكسي صغير جداً ويكون زمن الفصل متناسب عكساً مع مربع التيار
6 - ذات زمن عكسي فائق الصغر.

**5- تصنيف الريليات حسب نوعية عملها :**

وتصنف حسب نوعية عملها إلى :

1- ريليات تتعلق بالكميات الكهربائية – التيار – التوتر – الممانعة

2- الريليات الاتجاهية وتتعلق باتجاه سريان التيار.

**6- تصنيف الريليات حسب الوصل مع الدارة الرئيسة :**

وتصنف إلى ما يلي :

1- الريليات الأولية: وتكون موصولة بشكل مباشر مع الدارة الأولية ( الدارة المحمية ).

2- الريليات الثانوية.

**7- تصنيف الريليات حسب وضعية التماسات :** وتصنف إلى :

1- ذات تماس مفتوح في الحالة العادية Normaly open contact أي عندما تكون وشيعة الريليه غير مهيجة ويغلق ليعطي أمر الفصل عند حدوث عطل في الدارة المحمية وتكون هذه الريليات من أجل زيادة التيار أو زيادة التوتر.

2- ذات تماس مغلق في الحالة العادية Normaly closed contact ويفتح عند حدوث عطل في الدارة المحمية.

**8- تصنيف الريليات حسب توتر التحكم :**

تميز الريليات التي تعمل بالتيار المتناوب والتي تعمل بالتيار المستمر كما أن التوتر المستخدم له مجالات وقيم متعددة حسب الشركة الصانعة وحسب الطلب وحسب أهمية المحطة.

## 4-2-2- مانعات الصواعقLightning Arrestors:

هي مجموعة من المقاومات على هيئة أقراص تتصل ببعضها البعض على التوالي تعمل على وقاية التجهيزات من العوامل الجوية المشحونة بالصواعق والارتفاعات الخطرة بالجهد ، الشكل(17). وتركب على مداخل الخطوط الهوائية ( بداية خلية الخط).

- **أنواع مانعات الصواعق:** ذات ثغرة القرون - النوع الطارد للغازات - النوع ذو الصمام.

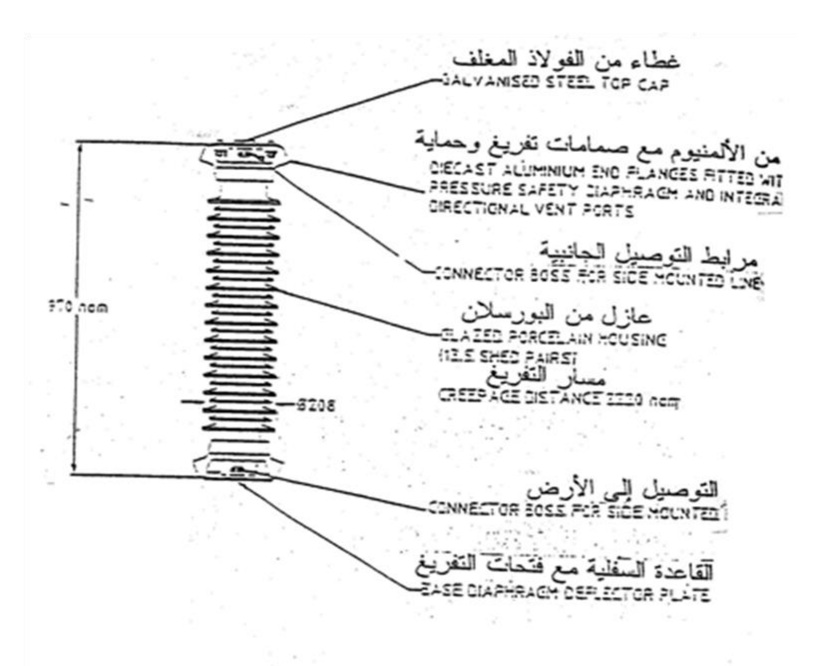
- **مواصفات مانعات الصواعق 66 ك.ف:**

1- توتر العمل الأعظمي 72,5ك.ف.

2- توتر العمل النظامي 60 ك.ف.

3- تيار التفريغ kA10.

والشكل (2) يظهر أجزاء مانعة الصواعق ذات الصمام.




الشكل (2) أجزاء مانعة الصواعق

## 5-2-2- محولات التيار (Current Transformer):

### <u>محولة التيار</u>Current Transformer ( CT ) :

تتألف من قلب حديدي وملف أولي قليل عدد اللفات يربط على التسلسل مع الخط والملف الثانوي كبير عدد اللفات(ملفين أو ثلاثة) , وذلك لتعدد الأغراض... دارة حماية – دارة قياس – دارة تفاضلية. ويمكن أن تكون داخلية أو خارجية أو تحريضية ، الشكل (17).

التيار الأولي النظامي لمحولة التيار يشار له ب$I_{pn}$أو $I_{1n}$ والتيار الثانوي النظامي هو $I_{sn}$ أو $I_{2n}$ ويظهر على اللوحة الاسمية لمحولة التيار ونسبة التحويل هي $N= I_{pn}/I_{sn}= N_s/N_p$.

تكون هذه المحولات بنسب مختلفة حسب استطاعة وحمولة الخط مثلاً لمحولات التيار.
( 100/5 - 200/5 -300/5 - 600/5 - 1200/5 ) وتكون نسبة التحويل هي قيمة النسبة مثلاً 100/5عندها نسبة تحويل محولة التيار 20

- عند عمل محولة التيار يجب عدم فتح دارة الملف الثانوي بل يجب إما أن يبقى مقصوراً أو يفتح على دارة القياس أو الحماية حيث إن فتح دارة الملف الثانوي تسبب انفجار لمحولة التيار لأن التيار الأولي يولد توتر تحريض كبير في دارة الثانوي مما يشكل خطر على حياة العامل.

والجدول التالي يبين لنا مميزات محولة التيار 66ك.ف

| Value | Current Transformer66 kv | مميزات محولات التيار 66ك.ف |
|---|---|---|
| 66kv | Rated Voltage | توتر العمل النظامي |
| 72,5kv | Highest system voltage | توتر العمل الأعظمي |
| 140kv | Power frequency 1min with stand voltage | توتر العازلية لمدة دقيقة عند التردد 50HZ |
| 325kv peak | Impulse with stand voltage1,5/50 micro sec | التوتر النبضي |
| 3cores | Nr. Of cores | عدد الملفات الثانوية |
| $3\times 750A$ | Rated primary current for coupling | التيار الأولي النظامي لخلية الربط |
| $2\times 300A$ | Rated primary current for Incoming | التيار الأولي النظامي لخلية الدخول أو الخروج |
| 750A | Rated primary current for Transformer | التيار الأولي لخلية المحولة |
| 5/5/5A | Secondary Rated | التيار الثانوي النظامي |
| 0,5 | Accuracy class &Burden for core1 | درجة الدقة لملف القياس والتحكم الملف رقم 1 |
| P>5-10 | Accuracy class &Burden for core2&3 | درجة الدقة لملف الحمايات الملف رقم 2و3 |

## 6-2-2- محولات التوتر (Voltage Transformer)

**محولات التوتر (VT) Voltage Transformer :**

تتألف من قلب حديدي وملف أولي عدد لفاته كبير وتوتره مساوياً للتوتر النظامي للخط وملف ثانوي عدد لفاته قليل (2 أو 3 ) للقياس والمراقبة والتحكم توصل محولة التوتر على التفرع في الدارة المراد حمايتها وقياس توترها ، الشكل (17).

تخفض محولات التوتر, التوتر الكهربائي العالي إلى توتر القياس وهو 100 فولت أو 100/√ 3 فولت ولا يجوز قصر دارة التوتر لأنه يضر بالأشخاص والتجهيزات.

التوتر الأولي النظامي لمحولة التوتر هو $U_{pn}$ أو $U_{1n}$ أما التوتر الثانوي النظامي هو $U_{sn}$أو $U_{2n}$ ويظهر على اللوحة الاسمية لمحولة التوتر.ونسبة التحويل $N=U_p/U_{sn}=N_S/N_P$.
نستخدم خرج هذه المحولات في الحمايات التي تعطي أوامر فصل للقواطع الآلية عند زيادة التيار عن الحد المسموح به, كما تؤخذ إحدى دارات الخرج إلى أجهزة القياس وعدادات استهلاك القدرة.

و يكون خرج محولات التوتر ثابت مهما كان الدخل وهو 100 فولت فنجد.

( 20000/100v - 66000/100v )ونسبة التحويل في الحالة الثانية مثلاً هي 66000/100 تساوي 660.
والجدول التالي يبين لنا مميزات محولات التوتر 66 ك.ف.

| Value | Voltage Transformer 66kv | مميزات محولات التوتر 66 ك.ف |
|---|---|---|
| 66 kv | Rated Voltage | توتر العمل النظامي |
| 72,5kv | Highest system Voltage | توتر العمل الأعظمي |
| 140 kvrms | Increased frequency Test Voltage | توتر العازلية لمدة دقيقة عند التردد 50هرتز |
| 325kv peak | Impulse with stand voltage 1,5/50 microsec | التوتر النبضي |
| 2 or 3 | Nr. of cores | عدد الملفات الثانوية |
| P34 0,5 | Accuracy class for core 1,2 & 3 | درجة الدقة لملف القياس والتحكم ولملف الحماية |
| 100/3 v | Secondary Rated Voltage | التوتر الثانوي النظامي |
| 120,200 VA | Secondary Power Burden | الاستطاعة الثانوية |
| 3 KV peak | Secondary withstand voltage 1 Min 50 HZ | توتر العازلية للملفات الثانوية |

**وتوجد عدة أهداف لاستخدام محولات التيار والتوتر وهي**

1- تستخدم لإنقاص تيارات وتوترات نظام القدرة إلى قيم صغيرة تكون مناسبة لسلامة أجهزة القياس والتحكم والمراقبة والحمايات.
2- تستخدم لعزل دارات الأجهزة المستخدمة عن الدارة الأولية لنظام القدرة ،والتي تكون ملفاتها ذات تيار أو توتر غير مناسب لتوتر أو تيار نظام القدرة .
3- توحيد قيم التيار أو التوتر لقيم نظامية تغذي ملفات أجهزة القياس والتحكم والمراقبة والحماية.
فمثلاً يكون التيار الثانوي في محولات التيار (1) أمبير أو (5) أمبير وذلك يرجع للجهة التي نتعامل معها ،والتوتر الثانوي في محولات التوتر (100). فولت أو (110) فولت.

## 3-2- ميزات الحمايات

إن القواطع الآلية غير كافية لوحدها لعزل الأعطال التي يمكن أن تحدث على تجهيزات نظام القدرة المراد حمايته ويجب أن تدعم القواطع الآلية بأجهزة حماية مناسبة مثل الريلياتRelays للكشف عن وجود الأعطال وعزل القسم المتعطل عن بقية النظام السليم وبذلك تعمل على الحد من انتشار التلف الذي يمكن أن يسبب حدوث أعطال. وجميع أجهزة الحماية المستخدمة مهما كانت نوعيتها واستخدامها يجب أن تتصف بعدة صفات أساسية ومن هذه الصفات:

- **الانتقائية** : إن صفة الانتقائية هو قدرة الحماية على عزل الجزء المتعطل من الشبكة دون بقية الأجزاء السليمة واستمرار التغذية في بقية الأجزاء السليمة أي إنها بعد أخذ القيم من محولات التيار أو التوتر ومقارنتها تقرر فيما إذا كان هناك عطل أم لا. وفي هذه الحالة فإن الحماية لها القدرة على اكتشاف وجود الأعطال في النظام المراد حمايته وتحديد القواطع الآلية التي ستعمل لعزل العطل مما يرفع من كفاءة المنظومة الكهربائية.

- **سرعة العمل** : إن المطلب الثاني من أجهزة الحماية هو سرعة العمل ، فعند حدوث عطل في منطقة ما فإن الحماية في هذه المنطقة يجب أن تقرر دون تأخير ما إذا كان هذا العطل ضمن منطقة الحماية أو خارجها وكلما طالت فترة بقاء العطل استمر تيار العطل مما يؤدي لتلف التجهيزات.
وإذا كان العطل ضمن المنطقة المحمية فإن الحماية يجب أن تفصل القاطع الآلي مباشرةً ،ولكن الحماية لا يمكنها التأكد بشكل آني فيما إذا كان العطل ضمن منطقة الحماية أو خارجها.
وتعتبر خاصية الانتقائية للحماية ضرورية أكثر من خاصية السرعة لذلك فالحماية يجب أن تنتظر فترة زمنية محددة حتى تظهر تصرفات بقية الحمايات والقواطع الآلية.
وتعتبر خاصية السرعة ضرورية لأنها تفصل القسم المتعطل خلال فترة زمنية قصيرة مّما يؤدي إلى التخفيف أو الحد من التلف والدمار للتجهيزات ،ويتحدد زمن عزل العطل بعدة أمور منها مواصفات وجودة أجهزة الحماية ونوعيتها ، كما يعتمد على استطاعة وتوتر وتكاليف نظام القدرة، كما يعتمد أيضاً على نوعية العطل.
وحتى تحافظ مجموعات القدرة على استقرارها يجب إزالة العطل ضمن زمن معين فبالنسبة لخطوط التوتر العالي فإن زمن الفصل يتراوح بين (0.15 وحتى 0.30) من الثانية أما في شبكات التوتر المتوسط فأن زمن الفصل يتراوح بين (1.5 وحتى 3 ) ثانية ويمكن أن تعدل هذه الأزمنة حسب بقية العوامل المحددة للزمن المسموح به. وإن زمن عزل العطل هو عبارة عن مجموع زمنين هما زمن عمل الحماية وزمن عمل القاطع الآلي وحتى يعزل العطل بسرعة يجب تسريع عمل الحمايات والقواطع الآلية. وإن معظم القواطع الآلية يقع زمن عملها بين (0.06 وحتى 0.15) من الثانية ولعزل عطل خلال 0.2 ثانية مثلاً يجب أن تعمل الحماية في المجال (0.05 وحتى 0.14 )من الثانية وإذا كان زمن العطل 0.12 ثانية وزمن القاطع 0.08 ثانية فإن زمن عمل الحماية يجب ألا يزيد عن 0.04 ثانية. وإن عملية إنتاج الحمايات السريعة جداً تعتبر هامة وصعبة ومثل هذه الحمايات تكون

مكلفة ومعقدة لذلك يجب ألا تستخدم إلا للتجهيزات ذات الأهمية الكبيرة.ويعتبر زمن عمل الحماية مرتبط بنوع العطل. ويمكن التمييز بين الريليات من خلال سرعة استجابتها للأعطال مثلاً: الريليات التي تحتوي عناصر دوارة تملك أكبر زمن فصل لأن هذه العناصر ذات عطالة كبيرة تحول دون الفصل السريع لهذا النوع من الريليات لذلك تم اللجوء إلى الاستغناء عن هذه الريليات بريليات أخرى لا تحوي عناصر دوارة.

- **الحساسية** : وتعرف الحساسية بأنها مستوى مطال تيار العطل الذي تعمل عنده الحماية.
ويعبر عنه بالأمبير في الدارات الفعلية (التيار الأولي) ،أو كنسبة مئوية من تيار الدارة الثانوية لمحولات التيار.
أي أن الحساسية هي تجاوب الحماية مع الأعطال التي تظهر في المنطقة المحمية ،ويجب أن تقوم الحماية بفصل القاطع عند أدنى قيمة لتيار العطل في القسم المراد حمايته.
وعند عدم تجاوب الحماية فإن العطل يمتد إلى الأقسام السليمة من الشبكة إذا لم تعمل الحمايات الداعمة. وبشكل آخر يمكن أن نقول الحساسية هي السرعة في القياس والمقارنة مع القيم حيث تقوم بأخذ القيم من محولات التيار والتوتر ومن ثم تقرر فيما إذا كان هناك عطل أم لا.

- **الموثوقية** :إن صفة الموثوقية لعمل الحماية أو ضمان العمل تتحقق عندما تعمل الحماية بشكل سليم وكافي لعزل جميع الأعطال التي تحدث ، وتعتبر أغلب حالات فصل الدارات نتيجة العمل الخاطئ للحماية نفسها. ويجب أن تعمل الحماية بدون أي خلل في المنطقة المراد حمايتها وعندما تفشل الحماية بالعمل لسبب من الأسباب فإنها تسبب اضطراباً في التغذية والمنشآت.لذلك تعتبر صفة الانتقائية والحساسية هما الصفتان الرئيسيتان اللتان تعطيان صفة الموثوقية للحماية.وأن زيادة الموثوقية تترافق مع زيادة التكاليف لذلك تجرى عادةً مقارنة اقتصادية تبين الجدوى من زيادة الموثوقية حسب الجهاز المراد حمايته.

- **الاستقرار** :وهي قدرة الحماية أن تكون غير فعالة من أجل الأعطال التي تحدث خارج منطقة الحماية والتي تسمى بالأعطال الخارجية.وأن تكون فعالة من أجل الأعطال ضمن منطقة الحماية والتي تسمى بالأعطال الداخلية.

- **التركيب البسيط** :إن المصمم يجب أن يحاول دوماً استعمال تركيب مبسط وتوصيلات مبسطة للحماية. وتعتبر بساطة دارات الحماية وبساطة التصميم ومواصفات الحماية من الأمور التي تتضمن موثوقية العمل.

- **رخص الثمن**.

- **سهولة الصيانة**.

## 2 -4- مهام أجهزة الحماية

يمكن ذكر بعض مهام أجهزة الحماية :

1- مراقبة ظروف العمل لكل عنصر من عناصر مجموعة القدرة.
2- كشف الأعطال والأحوال غير النظامية.
3- عزل القسم المتعطل من الشبكة بواسطة القواطع الآلية.
4- القيام بالتصحيح اللازم لاستعادة العمل النظامي باستخدام أجهزة تحكم مناسبة.
5- التنبيه أو الإنذار كي يتدخل العنصر البشري ليقوم بالتصحيح اللازم.

***مع التنويه بأن الحماية لاتمنع حدوث الأعطال ولكنها تقلل نتائجها الضارة والآثار الجانبية إلى أدنى حد ممكن. أي إن الغرض من نظام الحماية هو التشغيل السليم للقواطع الآلية من أجل فصل الجزء المتعطل من الشبكة دون بقية الأجزاء السليمة للحد من التلف الناتج من الأعطال عند حدوثها ومنع انتشارها.***

## 2-5- الشروط الواجب توافرها في الحمايات

يجب توفر عدة شروط في الحمايات المستخدمة في أنظمة القدرة وذلك من أجل تحقيق المتطلبات والغايات المرجوة وفقاً لشروط موجودة ومحققة مسبقاً أي عند التصميم ومن هذه الشروط نذكر ما يلي :

1- يجب أن تملك مواصفات مناسبة لمواصفات البلد الذي ستركب وتستثمر فيه.
2- يجب أن تملك المناعة ضد جميع الحالات العابرة مثل هبوط التوتر أو زيادة التيار.
3-يجب أن يكون تركيبها بسيط ومقبول وذلك لسهولة أعمال الصيانة.
4-يجب أن تتضمن مخطط كهربائي للتوصيلات الداخلية ومرابط التوصيل الخارجي وذلك بهدف إجراء الاختبارات وكشف الأعطال.
5-يجب أن تكون ذات بنية جيدة لتواجه الظروف غير الطبيعية مثل درجة الحرارة - الرطوبة – التآكل الجوي...
6- يجب أن تحقق مميزاتها فصل الأعطال التي وضعت من أجلها بشكل دائم وليس من أجل فصل أعطال أخرى.
7- يجب أن تملك مجال واسع للتعيير للعمل الانتقائي مع الحمايات الأخرى

# الفصل الثالث

# محطات التحويل الكهربائية – وصفها وأقسامها

## 3-1- تعريف محطات التحويلTransformer Substation:

يمكن تعريف محطات التحويل بأنها المكان أو المنشأة التي يتم فيها استقبال الطاقة الكهربائية من مصادر التوليد Power Station عند توتر نظامي ورفع هذا التوتر،أو خفضه ثم إرسال الطاقة بواسطة الخطوط الكهربائية نحو مراكز الاستهلاك المختلفة

ويستخدم في محطات التحويل تجهيزات كهربائية تعمل بالتوترات العالية والتوترات المتوسطة ،مثل القواطع الكهربائية الآلية واليدوية ،والمحولات الكهربائية والمفرغات ومانعات الصواعق، ومحولات القياس وتجهيزات الحماية والمراقبة مثل الريليات (الحاكمات) ومنظمات التوتر، ومبدلات التوتر وأجهزة قياس التوتر والتيار والتردد والطاقة الكهربائية وذلك لمراقبة عمل محطات التحويل بشكل نظامي ، وضمن حدود الأمان والاستمرارية في تغذية المستهلكين بالطاقة الكهربائية.

كانت محطات التحويل تتطلب مساحة كبيرة من الأرض لإنشائها عليها ومع تقدم الصناعات الكهربائية بدأت أبعاد التجهيزات الكهربائية المختلفة بالصغر ، وتناقص حجمها وبالتالي تناقص حجم محطات التحويل الأمر الذي انعكس إيجابياً كذلك على الناحية الاقتصادية من حيث تكلفة المحطات الكهربائية وتكلفة الأراضي التي ستبنى عليها ومن حيث سهولة إنشائها.

## 3-2- تصنيف محطات التحويل

يمكن تصنيف محطات التحويل وذلك نسبة إلى عدد من المعطيات الهندسية والوظيفية كما يلي :

### 1- نسبة للتوتر الكهربائي في نظام القدرة الكهربائي الذي تعمل به المحطة:

- محطات تحويل للربط الكهربائيInterconnection Substationsويكون توترها 400/230 kv أو 400/230/66kV.
- محطات تحويل للتوزيع الكهربائيDistribution Substations ويكون توترها 66/20kV أو 230/66/20kV أو 66/11kV.

### 2- نسبة لطريقة تحويل التوتر في المحطة :

- **محطات تحويل رافعة للجهد أو التوتر Up Rising :** وهذه يمكن أن تعمل بالقرب من محطات التوليد الكهربائية الحرارية والمائية وتقوم برفع الجهد من قيمة صغيرة تساوي للتوتر الذي تعطيه مولدات محطات التوليد إلى قيمة كبيرة أو كبيرة جداً وتساوي للتوتر الذي تعمل عليه الشبكة الكهربائية التي تغذيها محطة التوليد كما يُظهر الشكل (3).



الشكل (3) محطة تحويل رافعة للجهد مركبة قرب محطة توليد

**- محطات تحويل خافضة للجهد أو التوتر Down Rising :** وهذه يمكن أن تعمل بالقرب من مراكز الاستهلاك في المدن والمعامل والمنشآت الصناعية وتقوم بخفض التوتر من قيمة كبيرة أو كبيرة جداً ، وهو التوتر المستخدم في شبكات نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية ، إلى قيمة صغيرة مساوية للتوتر المتوسط الذي تعمل عليه الشبكة الكهربائية التي تغذي المستهلكين الصناعيين أو المنزليين كما في الشكل (4).



الشكل (4) محطة تحويل خافضة للجهد (66/20) ك.ف

## 3- نسبة لنوع البناء الذي تركب فيه المحطات :

**- محطات تحويل داخلية Indoor Substations :** ويتم تركيب جميع تجهيزاتها والتي تعمل على التوتر العالي وعلى التوتر المتوسط عدا المحولات ، ضمن بناء يصمم بشكل خاص لهذا الأمر ويمكن أن تتواجد داخل المدن مثل محطة الزهراء ومحطة الوعر وأغلبها معزول بواسطة غاز SF6.

**- محطات تحويل خارجية Outdoor Substations:** ويتم تركيب تجهيزات التوتر العالي في مساحة خارجية، أما تجهيزات التوتر المتوسط فتركب داخل بناء خاص وتتواجد على أطراف المدن.

وتصل الطاقة الكهربائية إلى محطات التحويل عبر الخطوط الكهربائية الهوائية أو الكابلات الأرضية وتقسم محطات التحويل إلى عدد من الأجزاء ، تسمى كل منها خلية ويخصص لكل عنصر من عناصر نقل وتحويل الطاقة في المحطة خلية خاصة ، فنجد في المحطة ولكل من التوترات العالية والمتوسطة الخلايا التالية :

- خلية الخط: تدخل عبرها الخطوط الكهربائية إلى المحطة.
- خلية محولة الاستطاعة: يتم فيها تحويل التوتر والتيار من الشبكة .
- خلية خروج ومنها تخرج الخطوط الكهربائية من المحطة.
- خلية الربط (الكوبلاج) وفيها يتم ربط مختلف خلايا المحطة مع بعضها أو يتم فصل خلايا المحطة عن بعضها .
- خلية القياس وعن طريقها يتم قياس التوتر والتيار والتردد والطاقة الكهربائية الواردة والصادرة عن كل خلية وعن كامل المحطة .

وتتضمن كل خلية وذلك حسب استعمالها تجهيزات كهربائية تستخدم لتأمين عمليات الوصل والفصل واستقبال الطاقة وتحمل التيار والتوتر الذي يمر عبر المحطة. من أهم هذه التجهيزات القواطع الكهربائية الآلية وقواطع السكين، والمحولات الكهربائية ومحولات القياس ومانعات الصواعق ويتم حماية ومراقبة تجهيزات المحطة من أجل تأمين التشغيل الآمن والمستمر وفق القيم النظامية للمحطة بواسطة معدات خاصة تسمى أنظمة الحماية وأنظمة المراقبة والتحكم.

وفيما يأتي شرح مفصل لمحطة التحويل (66/20)ك.ف ووصف مكوناتها وأقسامها

## 3-3- محطات التحويل 66/20ك.ف

**تتألف من :**

1- صالة القيادة والتحكم.
2- قسم 66 ك.ف
3- محولات الاستطاعة.
4- قسم 20 ك.ف.
5- المكثفات
6- غرفة الشاحن والمدخرات ومجموعة التوليد الاحتياطية (الديزل).
7- مبنى إداري وخدمي.

## 3-3-1- صالة القيادة والتحكم :

يبين الشكل (5) صالة القيادة والتحكم ومحتوياتها



الشكل (5) صالة القيادة والتحكم

تعريفها : هي المكان المخصص لعناصر القيادة والتحكم في محطة التحويل ويتم فيها :

1- مراقبة جميع المقاييس وتسجيل القراءات كل ساعة.
2- التحكم بجميع تجهيزات المحطة وإجراء المناورات اللازمة.
3- الاتصال مع مركز العمليات الخاص بخطوط التوتر المتوسط في الشركة العامة لمحافظة حمص ومركز التنسيق الخاص بخطوط التوتر العالي الموجود في محافظة حماه.

### - محتويات صالة القيادة :

1- لوحات القيادة والتحكم : يتم من خلالها التحكم بكامل تجهيزات المحطة وتحوي مقاييس التوتر والتيار ومؤشرات الدلالة على وضعيات القواطع الآلية ودارات الإنذار بحدوث عطل أو فصل.
2- لوحات الحماية : وهي الخاصة بفصل التوتر الكهربائي عن التجهيزات في حال حدوث عطل
3- لوحات توزيع التيار المستمر والمتناوب : وتقوم بتوزيع التغذية المستمرة والمتناوبة على كامل التجهيزات الكهربائية عن طريق قواطع رئيسية وبارات صغيرة تربط معها قواطع صغيرة مختصة بكل تجهيزة.

## 3-3-2- ساحات التوتر العالي :

تنقسم ساحات التوتر حسب المحطة إلى:

- ساحة التوتر 400 ك. ف ، ساحة التوتر 230 ك.ف.

- ساحة التوتر 66 ك.ف ، قسم 20 ك.ف

تكون ساحة التوتر 66ك.ف في معظم محطات التحويل مكشوفة إلا في بعض المحطات الحديثة حيث يكون مغلق والبارات معزولة بالغاز بالكامل.

تتكون ساحة ال66 ك.ف من :

1- خلية الخط 3– خلية الكوبلاج(الربط)

2- خلية المحولة 4 – بارات 66 ك.ف

يبين الشكل (6) ساحة توتر 66 ك.ف مكشوفة



الشكل (6) ساحة التوتر 66 ك.ف مكشوفة

## 3-3-2-1- خلية الخط 66 ك.ف :

هي مجموعة من التجهيزات الكهربائية والتي تقوم بربط خط 66/ك.ف مع البار 66/ ك.ف وقد يكون الخط دخول أو خروج وذلك حسب حاجة الشبكة الكهربائية ويبين الشكل(7) خلية الخط وتتألف من :

1- مانعة الصواعق ، 2- محولة التوتر ، 3- محولة التيار

4- قاطع سكين الخط ، 5- قاطع سكين البار

6- سكين التأريض ، 7- القاطع الآلي

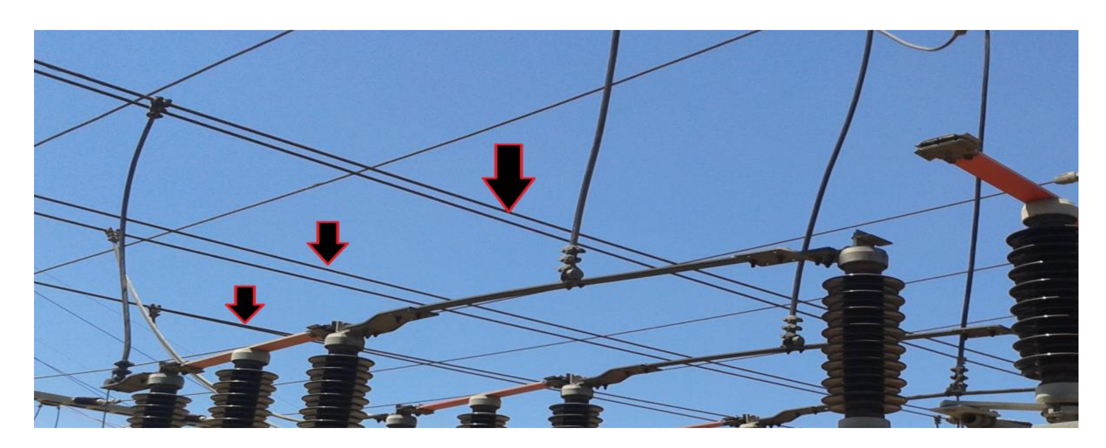
سيتم شرح كل تجهيزة على حدة لاحقاً.



الشكل (7) خلية الخط

### 3-3-2-2- بارات 66/ك.ف:

يوجد في محطات التحويل بارين 66/ك.ف وكل بار يتألف من ثلاثة نواقل معدنية وهي قضبان اسطوانية الشكل من الألمنيوم مفرغة من الداخل تحمل على قواعد معدنية بواسطة عوازل بورسلان كما في الشكل (8)



الشكل (8) بارات 66 ك.ف

### 3-3-2-3- خلية المحولة:

يبين الشكل (9) خلية المحولة وتتألف من :

1- سكين البار I&II.
2- القاطع الآلي.
3- محولة التيار.
4- محولة الاستطاعة 66/20 ك.ف.



الشكل (9) خلية المحولة

## 3-3-2-4-خلية الكوبلاج:

وتتألف من:

1- قاطع آلي 2- سكين بار I 3- سكين بار II 4- محولة شدة

وظيفة خلية الكوبلاج هي الوصل بين بارين kv 66 الأول ( I ) والثاني (II) حيث يوجد في المحطة خلية كوبلاج واحدة على التوتر 66 ك. ف.

ويبين الشكل (10) خلية الكوبلاج بار66 ك.ف



الشكل (10) خلية الكوبلاج بار 66 ك.ف

وتستخدم عملية ربط الكوبلاج من أجل :

1- توزيع الأحمال على البارات .

2- نقل حمولة من بار لآخر.

3- المحافظة على استمرارية التغذية الكهربائية

تتم عملية ربط الكوبلاج بموجب برقية رسمية من مركز التنسيق الرئيسي ولا تتم هذه العملية إلا بعد تحقق ثلاثة شروط :

1 - توافق في الفازات R – S – T (بين البارين).

2 - تساوي بالتوتر 66 KV ( يسمح بمجال تفاوت لا يزيد عن 5 % ).

3- توافق بالتردد 50 Hz ( يسمح بمجال تفاوت لا يزيد عن 1 % ).

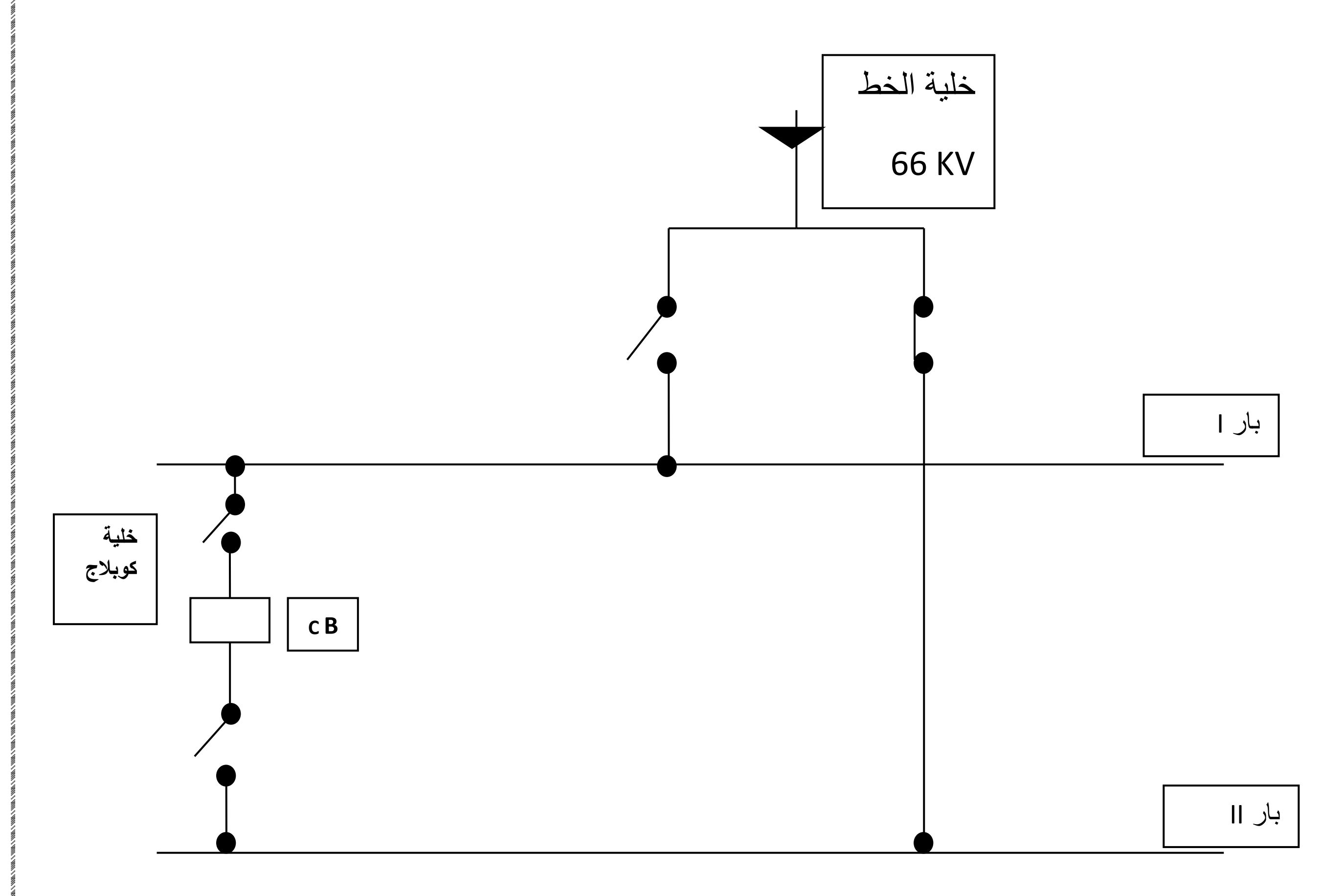
## مراحل عملية ربط خلية الكوبلاج:

1- إغلاق سكين البار I.
2- إغلاق سكين البار II.
3- إغلاق القاطع الآلي.

وعند نقل الحمولة من بار لآخر تتم العملية وفق التالي:
تتم بإغلاق سكين البار المفتوح ( المراد نقل الحمولة عليه) لخلية الخط وربط خلية الكوبلاج ( قاطعي السكين فيها ثم القاطع الآلي) وفتح السكين المغلقة الموصولة مع البار ( الذي سيتم إزالة الحمل عنه) وبالتالي يتغير مصدر التغذية, فيتم بعدها فصل القاطع الآلي للكوبلاج ثم فتح سكاكين الكوبلاج. الشكل(11) يوضح عملية نقل الحمولة من البار الأول إلى الثاني.

### الحمايات الموجودة على خلية الكوبلاج

يوجد نوع واحد من الحمايات مركب على هذه الخلية وهي حماية زيادة شدة التيار.




الشكل(11) نقل الحمولة من بار لآخر

## 3-3-3- محولة الاستطاعة Power Transformer (PT)

أهم تجهيزات محطات التحويل والأكبر حجماً والأغلى ثمناً وهي هيكل معدني كبير بداخله ملفات نحاسية ابتدائية وثانوية مغمورة في زيت عازل للتوتر مهمتها تحويل التوتر الكهربائي حسب الغاية من المحولة.

هناك عدة أنواع من محولة الاستطاعة 400/230 ك.ف 230/66 ك.ف 66/20 ك.ف، يوضح الشكل (12) محولة الاستطاعة 66/20 ك.ف استطاعتها 30 MVA .




الشكل (12) محولة الاستطاعة 66/20 ك.ف

**تتألف من :**

- الهيكل المعدني - عوازل عبور التوتر العالي والمنخفض
- نواة ثلاثية - ملفات التوتر المنخفض
- ملفات التوتر العالي - منظم التوتر
- خزان تمدد الزيت - المبردات
- المقاييس( مستوى الزيت – الحرارة...)

أجزاء محولة الاستطاعة :

**1- الأجزاء الثابتة :** يظهر الشكل (13) الأجزاء الثابتة للمحولة

* جسم المحولة : حوض معدني سميك ومتين يمنع تسرب الزيت العازل
* زيت عازل : زيت له مواصفات خاصة يتمتع بعازلية كهربائية عالية – قليل اللزوجة وغير قابل للاشتعال والتبخر والتفاعل الكيميائي.

* عوازل العبور : عوازل بورسلانية تمر بداخلها النواقل الكهربائية إلى داخل جسم المحولة لتوصل مع الملفات (عوازل عبور أولية, عوازل عبور ثانوية, عوازل عبور نقطة النجم ).
* خزان تمدد الزيت : يكون مملوء بالزيت العازل يتوضع أعلى المحولة :
* المقاييس : مقياس لحرارة الملفات وحرارة الزيت العازل وعند درجة حرارة معينة يقوم المقياس بإعطاء أمر لتشغيل المراوح بعد ذلك إشارة إنذار ثم أمر فصل للمحولة, مقياس مستوى الزيت للمحافظة على مستوى زيت ثابت وعند النقص يتم إضافة الزيت.
* الملفات الأولية والثانوية : تربط مع خطوط التوتر العالي والمنخفض
* المبردات : أنابيب كبيرة السطوح لتبريد الزيت تكون على شكل زعانف مسطحة.




الشكل (13) الأجزاء الثابتة للمحولة

**2-الأجزاء المتحركة :**يبين الشكل (14)الأجزاء المتحركة للمحولة

* مراوح التبريد : لتبريد الزيت في حال ارتفاع درجة الحرارة وتعمل آلياً ويدوياً.
* منظم التوتر الكهربائي: يقوم بإدخال وإخراج عدد من اللفات من الملف الابتدائي عن طريق تماسات للوصول إلى التوتر المطلوب.
* لوحة قيادة المنظم : تقوم بقيادة المنظم الكهربائي للمحولة عن طريق كونتاكتورات وكبسات خفض ورفع كما يمكن قيادة المنظم يدوياً من لوحة التنظيم أو من صالة القيادة والتحكم في المحطة.






الشكل (14) الأجزاء المتحركة لمحولة الاستطاعة20 /66 ك.ف

والجدول التالي يبين مميزات محولات الاستطاعة 66/20 ك.ف.

| Power Transforms Design Data | | KV 66/ 20 |
|---|---|---|
| Rated Power | MVA | 20-30 |
| Rated Voltage Ratio | KV | 66/20 |
| Connection Group | | YD11 |
| Highest Working Voltage | KV | 72.5/24 |
| Rated Frequency | HZ | 50 |
| Maximum ambient temperature | C | 45 |
| Impedance Voltage | % | 10 |
| Impulse with stand voltage 1,2/50ms micro second | KV | 325 |
| Power frequency with stand voltage for min | KV | 140 |
| Method of cooling | | ONAN/ONAF |

**ملاحظة:** نقصد بقاطع المحولة بأنه القاطع الآلي الذي يتحكم بدخول التوتر الكهربائي إلى الطرف الأولي للمحولة. مثلا محولة 66/20ك.ف يقوم قاطع المحولة بفصل أو وصل التوتر /66/ك.ف إلى الطرف الأولي أما الطرف الثانوي فيكون مربوط مباشرة مع قاطع خلية الوصول 20 ك.ف وهو موجود في قسم 20 ك.ف

لا يتم وصل قاطع المحولة إلا بعد التأكد أن جميع قواطع20 ك.ف وقاطع الوصول على وضع off ولا يتم فصله إلا بعد فصل جميع القواطع مع خلية الوصول.

استطاعة المحولة في محطاتنا هي( 20- 30) MVA كما ذكر سابقاً في الجدول.

## 3-3-4- الحمايات المركبة على المحولة 20/ 66ك.ف

1- الحماية التفاضلية.
2- حماية زيادة شدة التيار.
3- حماية البوخلز.
4- حماية تماس جسم المحولة.
5- حماية نقطة النجم .
6- الحماية الحرارية.

## 3-3-5- المحولة المساعدة 0.4/ 20ك.ف

يوضح الشكل (15) المحولة المساعدة

تركب على الطرف الثانوي لمحولة الاستطاعة ومهمتها

1- تأريض الطرف الثانوي
2- تخفيض قيمة تيارات الأعطال الأرضية على الجانب الثانوي
3- تأمين التغذية المتناوبة للمحطة(الاحتياجات الذاتية).



الشكل(15) المحولة المساعدة

## 3-3-6- القاطع الآلي Circuit Breaker (CB) :

هو أهم جزء في قيادة الدارة الكهربائية يمكن التحكم به كهربائياً من صالة القيادة أو يدوياً كما يفصل آلياً عن طريق الحمايات ويظهر من خلال الشكل (16).

**وظيفته :**

1- حماية الدارة من تيارات القصر والتيارات العالية
2- فصل الدارة لأغراض الصيانة



الشكل (16) القاطع الآلي

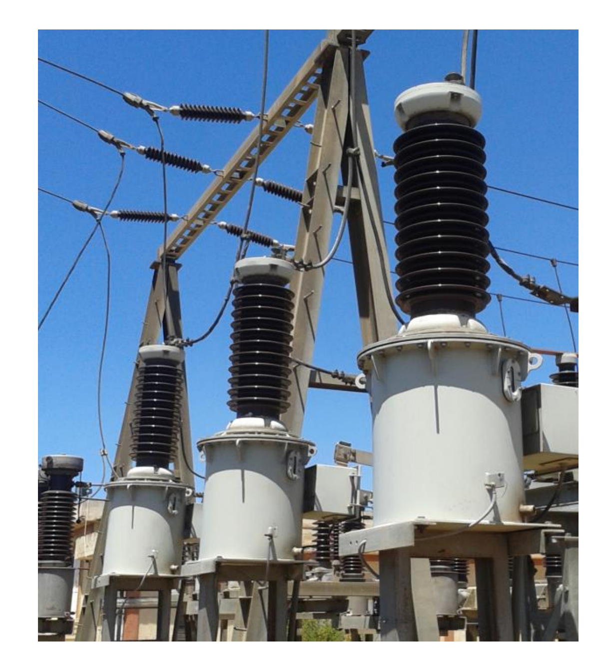
## 3-3-7- مانعات الصواعق ومحولات التيار والتوتر:

توجد مانعات الصواعق على مدخل خلية الخط للحماية من التوترات العالية الناجمة عن الصواعق والأمواج المسافرة.

أما محولات التيار والتوتر فالغاية منها تخفيض قيم التيارات والتوترات العالية إلى قيم صغيرة يمكن التعامل معها عن طريق تجهيزات في متناول اليد وهي توصف بعيون نظام الحماية ويجب أن تنقل إشارات القياس بدقة عالية وبشكل دائم وإلا فالنظام لا يحقق المطلوب وسيتم ذكرهم بشكل أوسع ضمن الفصل الثاني الخاص بالحمايات الكهربائية وميزاتها وخصائصها.

ويبين الشكل (17) كل من محولة التيار والتوتر ومانعة الصواعق.







الشكل (17) محولة التيار والتوتر ومانعة الصواعق

## 3-3-8- قاطع السكين Circuit Switch(CS):



الشكل (18) قاطع السكين

يوضح الشكل (18) قاطع السكين, وظيفته هي تأكيد فصل ووصل الدارة الكهربائية بعد التأكد من إطفاء الشرارة الكهربائية عن طريق القاطع الآلي. أي عند الفصل يعمل قاطع السكين بعد عمل القاطع الآلي, وفي الوصل يعمل قاطع السكين قبل عمل القاطع الآلي. يتم التحكم بهذه القواطع آلياً من صالة القيادة أو يدوياً من الساحة مباشرةً

تحوي خلية الخط أو المحولة على قاطعي سكين ( بار I – بار II ) أحدها مغلق والآخر مفتوح يستعمل عند ربط الكوبلاج لنقل الحمولة, يغلق السكين II وثم يتم فتح السكين I.كما يوجد قاطع سكين للخط.

تصنع قواطع السكين أو القواطع اليدوية لتعمل عند التوترات من 60 ك.ف إلى 500 ك.ف وهي تفصل التوتر ولكنها لا تقطع التيار ( أي لا يجوز فصلها ووصلها تحت الحمل) عن كافة أجزاء الخلية الموجودة فيها السكين.

***مع العلم*** بأن قواطع السكين يتم فتحها وإغلاقها بدون حمل, على عكس القاطع الآلي, أي يجب أن يكون التيار المار فيها لحظة الفتح أو الإغلاق معدوماً, حيث أن هذه الأخطاء تحدث أحياناً لدى المناوبين في المحطات وهذا خطر جداً على الأشخاص والتجهيزات الكهربائية للمحطة, إضافة إلى أنه قد يسبب هذا الخطأ حدوث الفصل العام في المحطة.

تصنف قواطع السكين وفق التصنيفات التالية:

1- حسب عدد الأقطاب: أحادي أو ثلاثي.

2- حسب مكان التوضع : داخلي أو خارجي.

3- حسب التأريض: مع سكين تأريض أو بدون سكين تأريض.

4- حسب آلية التشغيل: تشغيل يدوي أو تشغيل آلي.

5- حسب آلية القطع: فتح أفقي أوفتح عمودي.

**3-3-8-1-: قاطع سكين الأرضي :**مهمته تفريغ الشحنة الكهربائية عبر الأرض من الأجزاء الحاملة للتوتر بعد عملية فصل قاطع السكين وهي تشبه سكين الخط والبار إلا أنها توصل مع شبكة التأريض في المحطة وتركب فقط على خلية الخط. يظهر الشكل (19) قاطع سكين التأريض.

**ملاحظة:** يوجد قفل ميكانيكي على قاطع السكين الموجود في خلية الخط يمنع وصل قاطع سكين التأريض في حال كان قاطع سكين خلية الخط مغلق.



الشكل (19 ) قاطع سكين الأرضي

## 3-3-9- الحمايات الموجودة على الخط:

1- حماية مسافية : تحدد بعد العطل عن المحطة ( كم )

2 - حماية زيادة شدة التيار 3- حماية العطل الأرضي

وسيتم دراستها بشكل تفصيلي في الفصل الثالث.

## 3-3-10- الفصل القهري للخطوط :

وسببه التلوث والرطوبة حيث يتشكل على العوازل طبقة من الغبار المتراكم أو الأملاح أو المواد الملوثة الناتجة عن المعامل الصناعية مثلا" وكذلك يشكل الهواء ليلا" رطوبة على هذه العوازل مما يسبب ناقلية كهرليتية تؤدي لتصدع العوازل وانهيار العازلية والحل يكون بالتنظيف لهذه العوازل بالماء المقطر عديم الناقلية للكهرباء عبر تجهيزات مخصصة لذلك تكون بالقرب من هذه العوازل ويتم التحكم بكمية الماء المقطر عبر صمام يتم التحكم بفتحه وإغلاقه, حيث تتم عملية الغسيل بالماء المقطر تحت التوتر.

## 3-3-11- قسم 20 ك.ف:



الشكل (20) قسم 20 ك.ف

يوضح الشكل (20) قسم 20 ك.ف

يتألف قسم 20 ك.ف من:

1-خلايا وصول(دخول) من طرف التوتر المنخفض 20 ك.ف لمحولات الاستطاعة.

2-خلايا خروج تنطلق منها مغذيات شبكة التوزيع ( مخارج 20 ك.ف) بالتوتر المتوسط 20 ك.ف وتتألف هذه الخلية من:

- قسم سفلي يحوي كابلات الاستطاعة kv 20 ومحولات التوتر والتيار.
- قسم أوسط يحوي القاطع الآلي.
- قسم علوي يحوي الحمايات وتجهيزات التحكم والقياس والعدادات.

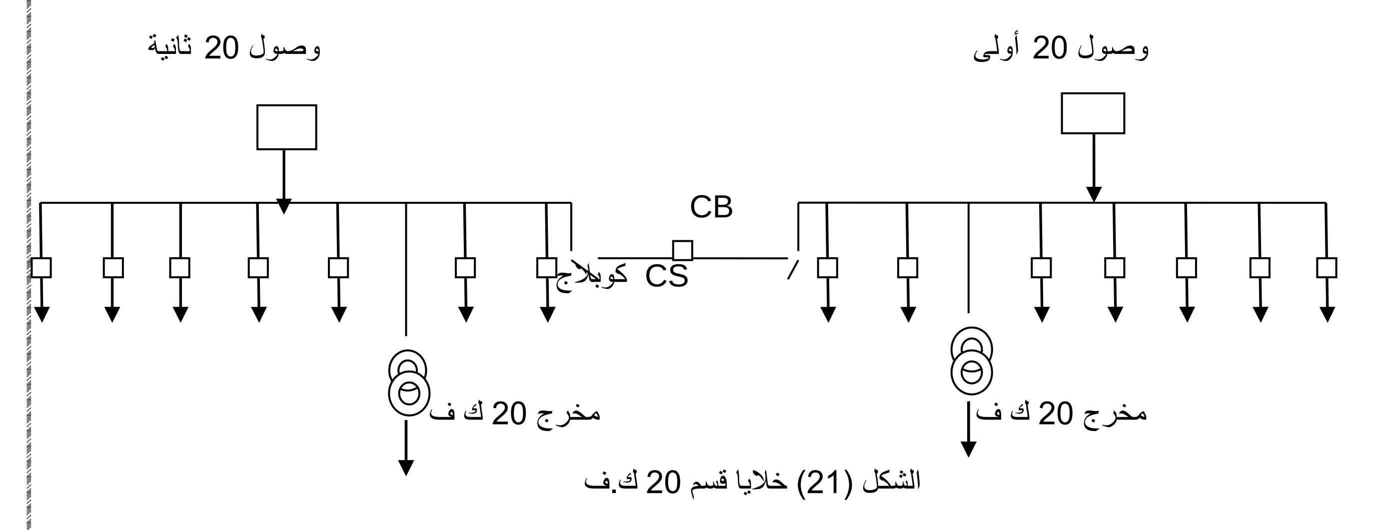
وتظهر هذه الخلية في الشكل (20)

ترتبط محولة تيار واحدة على التسلسل مع كل كابل من خط kv 20 ( ثلاث كابلات ) في أسفل الخلية وتأتي بنسب تحويل مختلفة, ويمكن استبدالها بتطور الحمولات 150/5 300/5

3- خلايا قياس

4- خلية كوبلاج (ربط).عند وضع القاطع الآلي الخاص بالمحولة 66/20ك.ف بالخدمة يصل التوتر 20 ك.ف إلى أسفل خلية الوصول وبالتالي عدد خلايا الوصول يساوي عدد محولات الاستطاعة في المحطة.

عند وصل قاطع الوصول 20 ك.ف ينتقل التوتر إلى البار 20 ك.ف, وكل خلية وصول تغذي بار, وكل بار يتألف من خلية قياس وعدة مخارج kv20 سبعة أو ثمانية ( أو أكثر حسب تصميم المحطة) وخلية مكثفة كما في الشكل (21).




الشكل (21) خلايا قسم 20 ك.ف

يكون قسم 20 kv في معظم محطات التحويل القديمة المستخدمة في المنظومة الكهربائية في سورية ألماني شرقي الصنع وفي هذا النوع يمكن الكشف على البار واستبدال محولات التيار والتوتر. بينما يكون قسم 20 kv في المحطات الأخرى الحديثة المستخدمة في سورية ذو خلايا معزولة بالغاز ولا يمكن الكشف على البار كما أن القاطع ثابت ضمن الخلية.

يتم التحكم بخلايا الوصول والمخارج من صالة القيادة عن طريق مفاتيح أو كبساتon – off وفي خلايا الوصول ولزيادة الأمان هناك مفتاح تزامن على لوحة التحكم يجب تفعيله قبل عملية وصل القاطع الآلي.يمكن الوصل والفصل من جسم الخلية كما أن القاطع الآلي يملك خاصية الفصل والوصل اليدوي كما يملك آلية لشحن المحرك يدوياً.يملك قاطع 20 kv دلالة على وضع القاطع on – off تشير إلى حالة القاطع كما يحوي مؤشر دلالة على حالة النابض مشحون أو غير مشحون, فلا يمكن وضع القاطع بالخدمة إذا لم يكن مشحوناً, فنلجأ إلى شحنه يدوياً ريثما تتم عملية صيانته وذلك في حال تعطل الشاحن الآلي.





الشكل (22) خلية الخروج 20 ك.ف

## 12-3-3- المكثفــات :

يعتبر موضوع تعويض الاستطاعة الردية الناجمة من التيارات المتحرضة بفعل ظاهرة التحريض الذاتي في التجهيزات الكهربائية التحريضية من المواضيع الهامة وخصوصاً بعد انتشار النظم الكهربائية المترابطة بين الدول المجاورة لما له من دور كبير في استقرار هذه الأنظمة.يتم تعويض الاستطاعة الردية بربط مكثفات على التفرع مع الأحمال التحريضية.

إن التعويض المناسب للاستطاعة الردية يؤدي إلى :

- زيادة الطاقة الكهربائية الفعلية المنقولة عبر عناصر الشبكة الكهربائية ( خطوط نقل القدرة – محولات – كابلات ).
- تنظيم الجهد على الشبكة حيث تقوم برفع التوتر بشكل ملحوظ على طرف 20 ك.ف.

- تخفيض الفاقد على الشبكة ( أثر اقتصادي ).
- زيادة الاستقرار.

كل هذه الميزات أدت إلى زيادة انتشار استخدام المكثفات لتعويض الاستطاعة الردية وتحسين عامل الاستطاعة حيث تقوم المؤسسة حالياً بتركيب المكثفات باستطاعة 2.5 ميغا فار أو 5 ميغا فار.

وعند الحاجة نركب مكثفتين 2.5 ميغا فار على مرحلتين الشكل(23).في المحطات الحديثة أصبحت المكثفات إحدى تجهيزات المحطة وتركب من قبل الشركة المنشئة للمحطة .يكون دخول المكثفات وخروجها من الخدمة بشكل أوتوماتيكي عن طريق جهاز منظم عامل الاستطاعة والذي يعطي الأمر لدخول أو خروج المكثفات حسب حاجة الشبكة, كل كبينة مكثف مجهزة بحمايات زيادة شدة التيار – حماية أرضية – انخفاض وارتفاع التوتر– عدم توازن( قيمة المكثفات متساوية على الفازات الثلاثة ).



الشكل (23) المكثفات

## 13-3-3- غرف الشاحن والمدخرات ومجموعة التوليد الاحتياطية (الديزل) :

وتقوم بتغذية المحطة بالتيار المتناوب AC والتيار المستمرDC وذلك في حال انقطاع التغذية بالتيار المتناوب التي تؤمنها محولات التأريض المساعدة للاستهلاك الذاتي في المحطة ( المتمثل بإنارة المحطة وتشغيل مراوح تبريد محولات الاستطاعة وتشغيل الحمايات وأجهزة القيادة والتحكم والقواطع الكهربائية الآلية).

التغذية المتناوبة الاحتياطية: تتم عن طريق مولدة الديزل وتستخدم في حال فقدان التوتر وخروج محولات الاستطاعة عن الخدمة أو في فترات الصيانة, وتعتبر صيانتها من مسؤولية مديرية المرافق والتوليد في الشركة العامة لكهرباء محافظة حمص.

التغذية المستمرة : ومصدرها الرئيسي هو الشاحن الذي يغذي المحطة بالتيار المستمر الضروري لملء الحمايات ومفاتيح التحكم وعند خروجه عن الخدمة تتم التغذية عن طريق البطاريات (المدخرات) التي توصل مباشرةً على الحمل وذلك لتفادي حدوث فصل في تغذية دارات الحماية والتحكم. يبين الشكل (24) مكونات التغذية المذكورة.







الشكل (24) الشاحن والمدخرات والديزل

## 14-3-3- تعليمات الفصل والحجز والتأريض:

الفصل : هو إعطاء أمر فصل للقاطع الآلي وإخراج خلية 66 ك.ف أو 20 ك.ف من الخدمة مع إبقاء توتر قبل القاطع.

الحجز : هو عملية فصل التوتر عن الخط وإبعاد القاطع الآلي 20 ك ف عن مكانه ونزع مآخذ التحكم من خلية 20 ك.ف.

التأريض : وضع الأرضي على بداية خط ال20 ك.ف الخارج من الخدمة ( يتم وصل الأرضي بعد القاطع).

* من أجل فصل المحطة نبدأ من الجزء الأصغر إلى الأكبر ويتم كما يلي :
نفصل كل خطوط 20 ك.ف ← نفصل خلايا الوصول ←القاطع الآلي للمحولة
نفتح سكاكين البار← نفصل خط 66 ك.ف

* وأما عملية الوصل فتتم بالعكس وذلك لتحقيق أمرين :
1-تحقيقعامل الأمان. 2- حماية العمال في المحطة.

***ملاحظة:*** يركب جهاز محلل الشبكة ( الموجود لدى دائرة حفظ الطاقة في مديرية التخطيط والإحصاء) بعد العدادات في المحطة وهو يساعد في تحديد كثير من المشاكل الموجودة في الشبكات الكهربائية فيحسب الفاقد الفني والتجاري ويقوم بدراسة كل من (هبوط التوتر - تحسين عامل الاستطاعة– وتصميم لوحة المكثفات – توازن الأطوار والحالات العابرة..) فهو يقيس التيارات والتوترات لكل طور وكذلك التردد والاستطاعة الفعلية والردية والظاهرية وعامل الاستطاعة.

## 3-3-15- التطبيقات المستقبلية :

إن آخر التطورات في صناعة محطات التحويل هو استخدام الغاز العازل – سادس فلور الكبريت SF6 في عزل التجهيزات الكهربائية المركبة في المحطات مثل القواطع الآلية والمحولاتوالقواطع اليدوية ومحولات القياس الأمر الذي يؤدي تصغير أبعاد هذه التجهيزات وبالتالي أبعاد محطة التحويل أكثر من النصف. وتسمى مثل هذه المحطات المحطات المحجوبة المغلقة Gas Insulated (GIS) Substations.

لقد دخلت الحواسيب والمعدات الرقمية بشكل كبير في بنية محطات التحويل وخاصة في مجال المراقبة والتحكم وحماية أجهزة التوتر العالي المستخدمة في هذه المحطات، مما أدى إلى تأمين استمرارية في التغذية الكهربائية ووثوقية أعلى في التشغيل. هذا إضافة إلى إمكانية مراقبة وتشغيل المحطات عن بعد, حيث يوجد في السويد محطات تحويل لا تحتاج لعناصر بشرية مناوبة فيها لتشغيلها, إذ يتم مراقبة عملها وقراءة الأحمال والقيم الكهربائية والتحكم بها عن بعد من مركز تنسيق يشرف على عمل جميع المحطات.

# الفصل الرابع

## الحمايات الكهربائية في المحطة kv(66/20) وأمثلة عن طريقة حسابها ومعايرتها

### 4-1- مقدمــة

تحتوي المحطات الكهربائية على عدد كبير من الحمايات التي تستخدم لحماية النظام بكامله ومنع الأعطال فيه ويبين هذا الفصل الحمايات الموجودة في المحطة (20/66) ك.ف وأنواعها وأماكن تطبيقها أو استخدامها وكيفية معايرتها لتقوم بعملها على أتم وجه.

**أنواع الأعطال التي تظهر على الشبكة :**

إن النظام الكهربائي قد يتعرض للإصابة بأحد الأعطال المتناظرة ( أي العطل الذي يحدث على الأطوار الثلاثة) أو الأعطال غير المتناظرة ( التي لا تؤدي إلى تيار عطل متوازن على الأطوار الثلاثة ). فمن الأعطال غير المتناظرة

1- عطل طور مع الأرض ( S. L.g).

2- عطل طورين مع الأرض ( D. L.g).

**الظواهر المرافقة لظهور عطل على الشبكة :**

1- تزايد قيم التيار ($I_{max}$) وانخفاض قيمة التوتر ($V_{min}$).

2- تغيرات قيم الممانعة الظاهرية حيث تتناقص قيم الممانعة الظاهرة بشكل فجائي لحظة حدوث العطل وهو معيار أساسي في حماية الخطوط.

3- ظهور المركبات المتناظرة.

4- عدم توازن تيار الدخل والخرج في عنصر الشبكة (الحماية التفاضلية).

وبالنسبة لدراستنا فالحمايات الموجودة في المحطة كثيرة وتعنى بمشاكل محددة وهي نوعين :

1-حمايات للمحولة.

2- حمايات للخط 66ك.ف أو خط 20 ك.ف.

## 4-2- الحمايات المركبة على المحولة 20/ 66ك.ف

الشكل (25) يظهر مخطط تفصيلي لخلية المحولة

BBI

BBII

CS

CB

R

S

CT

T

(HV)

PT

(LV)

خلية وصول عشرين

CB

خط 20

الشكل (25) مخطط خلية المحولة

### 4-2-1-الحماية التفاضليةDifferential Protection:



الشكل(26) الحماية التفاضلية

أهم حماية على المحولة تقوم بمفاضلة تياري المحولة الأولي مع الثانوي وتضبط على فرق بين التيار يساوي صفر ، الشكل (26).

1- تعمل هذه الحماية عندما يظهر اختلاف بين قيمتي التيار في المنطقة المراد حمايتها

2- يبين الشكل منطقة الحماية التفاضلية في الحالة النظامية وفي حالة ظهور عطل أو قصر في الدارة ، تحقق التيارات في طرفي المنطقة المحمية في الحالة النظامية العلاقة التالية :

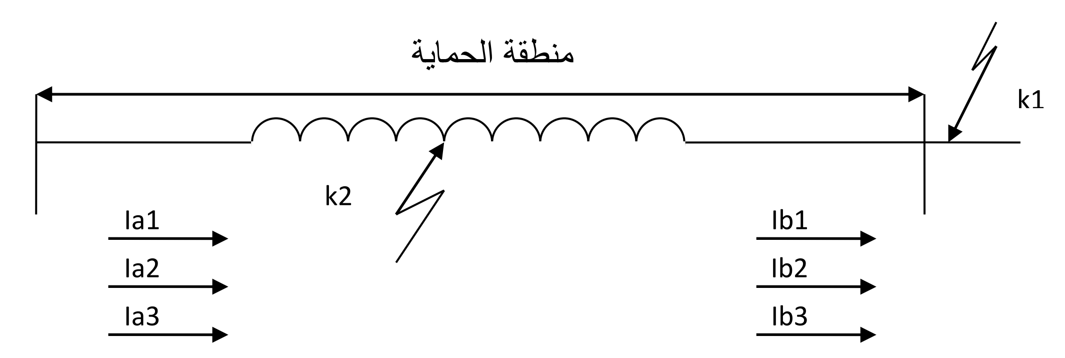
$I_{a1} - I_{b1} = 0$ , $I_{a1} = I_{b1}$

أما في حالة العطل داخل المنطقة المحمية ، في المنطقة K2 مثلاً ، فإن فرق التيارات لن يساوي الصفر وعندها ستعمل الحماية التفاضلية بسبب تسرب تيار إلى منطقة العطل.

3- تعتبر هذه الحماية انتقائية لأنها تميز الأعطال داخل المنطقة المحمية عن الأعطال خارجها.

4- يمكن اختيار قيمة تيار إقلاع الحماية أصغر من قيمة التيار النظامي ممّا يجعلها حماية ذات حساسية عالية.

5- تعتبر من أنواع الحماية المركبة لأنها تحتاج إلى قيمتين للمقارنة لتقلع.




الشكل (27) منطقة الحماية التفاضلية

## 4- 2-2- حماية زيادة شدة التيار Current Protection :




الشكل (28) حماية زيادة شدة التيار

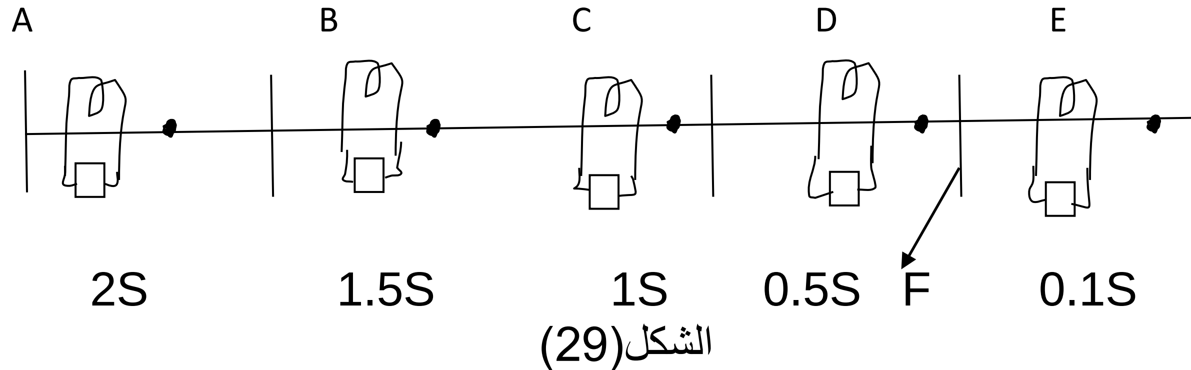
1- تقوم بحماية المحولة من التيارات العالية وتيارات القصر للأطوار أو تماس أحد الأطوار مع الأرض في النظام الكهربائي وهي تتألف من حاكمات شدة التيار تعمل عندما تزداد قيمة التيار

عن قيمة حدية يتم معايرة الحماية عليها وتسمى تيار الإقلاع $I_{pr}$ أما تيار إقلاع الحاكمة فيساوي $ip = \frac{I_{pr}}{N_{ct}}$ حيث $N_{ct}$ هي نسبة تحويل محولة التيار التي تغذي حاكمة التيار.

2- يجب أن يكون تيار إقلاع الحماية أكبر من التيار النظامي وأكبر من تيار الحمل الأعظمي في الشبكة المحمية.

3- تعتبر حماية التيار حماية بسيطة ومعتدلة الكلفة ولكنها غير انتقائية ، إن أي زيادة تيار ناتجة عن عطل خارج المنطقة المراد حمايتها يؤدي إلى عمل الحماية ، لذلك يضاف لها عناصر تؤمن الانتقائية مثل الحاكمة الزمنية.

ويبين الشكل (29)خطة لحماية زيادة تيار باستخدام حاكمات زيادة التيار ذات الزمن العكسي




الشكل(29)

الأزمنة المبينة على الشكل من أجل تيار عطل في النقطةF يساوي 200% من تيار الحمولة الكامل

من أجل عطل نفس النقطة وتيار عطل 800% فإن أزمنة الفصل تصبح على النحو التالي

زمن الفصل عند A = $2 * \frac{200}{800}$ =0,5sec وعند B=sec 0,375 وعند C 0,25=sec وعند D=0,125sec

ويكون زمن الفصل عند D=0,125+0,3 =0,425 حيث أن 0,3sec هو زمن عمل القاطع الآلي.في الوقت الحاضر أصبح الاتجاه السائد نحو استخدام الحمايات الستاتيكية والرقمية التي تتميز بسرعة العمل وعدم وجود أجزاء متحركة في الحماية.

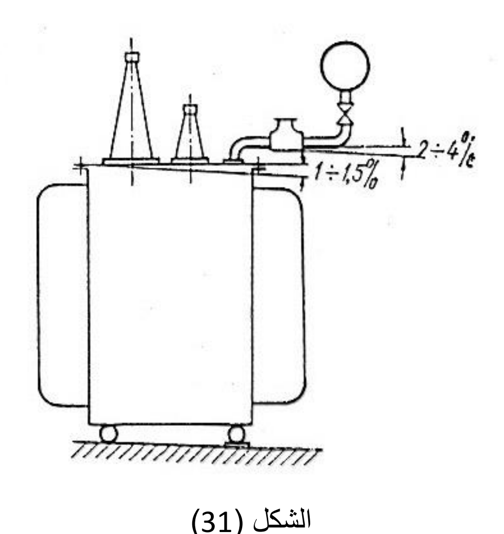
## 4-2-3- حماية البوخلز



الشكل (30) حماية بوخولز

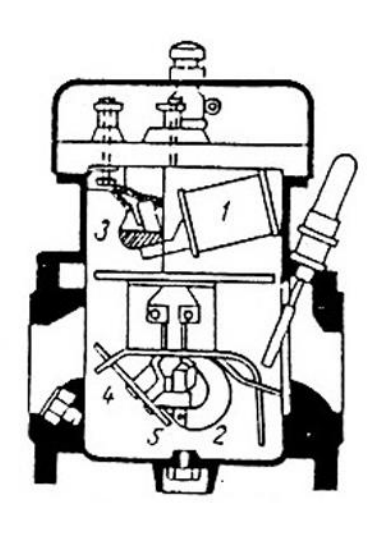
وهي تحمي المحولة من انخفاض مستوى الزيت أو في حال وجود فقاعات داخل الزيت نتيجة قصر بين الملفات أو ارتفاع حرارة الزيت.تستخدم هذه الحماية في حالة المحولات الكهربائية المزودة بخزان زيت. وتعمل هذه الحماية ضد جميع الأعطال التي تنتج داخل جسم المحولة لأن أي عطل فيها سينتج عمه انطلاق الغازات، نتيجة لتحلل وتفكك المواد العازلة ضمن المحولة تحت تأثير القوس الكهربائي وتحت تأثير مرور تيارات القصر الكبيرة التي تنشر الحرارة في الزيت ، الشكل (30).

وتركب حاكمة بوخولز على الأنبوب الذي يربط جسم المحولة مع خزان الزيت العلوي، ويكون لهذا الأنبوب عادة ميلان نحو الأعلى ليسهل مرور الغازات نحو الخزان عبر الحاكمة الغازية. ويبين الشكل(31) مكان تركيب الحاكمة.




الشكل (31)

والشكل (32) يظهر الأجزاء الرئيسية لها




الشكل (32)

حيث لدينا:

1 ـ الفواشة العلوية. 2- الفواشة السفلية

3- أنبوب زجاجي يحتوي على تماسين بالزئبق

4 ـ قضيب (عصا) متحركة. 5- أنبوب يحتوي تماس بالزئبق.

كون الحاكمة مليئة بالزيت في حالة التشغيل النظامي وتكون الفواشات في الوضعية العلوية والتماسات بالزئبق مفتوحة.

وعندما يظهر عطل أولي في المحولة فإن بعض الغازات تنطلق بشكل بطيء.، ونخرج من حوض المحولة نحو خزان الزيت وتمر عبر الحاكمة وتتجمع الغازات في الجزء العلوي من الحاكمة فتهبط الفواشة العلوية مم يغير من وضعية الأنبوب الزجاجي فيقوم الزئبق بإغلاق التماسات ويعطي إشارة إلى غرفة المراقبة والقيادة.

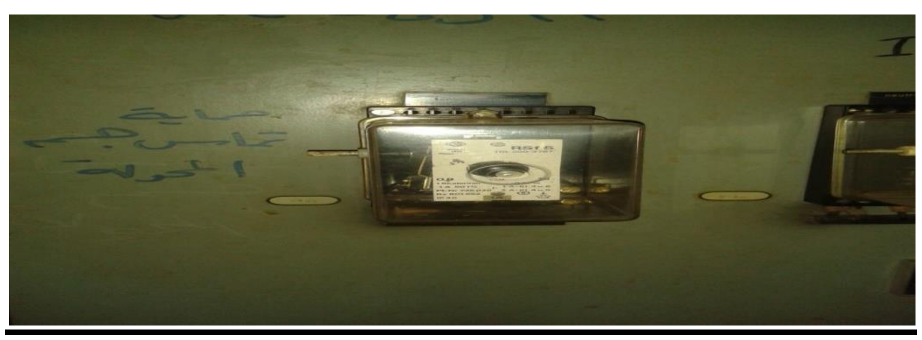
أما عندما تظهر أعطال قوية في المحولة فإن انطلاق الغازات يكون بشكل أعنف، فيمر مزيج من الغاز والزيت بشكل سريع في الحاكمة وتصطدم بالصحيفة العتلة وتؤدي إلى دورانها حول محورها ومعها الفواشة الثانية السفلية والأنبوب الزجاجي السفلي. وعند تغيير وضعية الأنبوب تغلق التماسات بالزئبق ويمر التيار في وشيعة التشغيل للحاكمة المساعدة التي تقوم بدورها بإعطاء أمر الفتح لقاطع المحولة.

هذا ويمكن التحكم بالسطح الفعال للصحيفة العتلة بحيث يمكن أن تدور حول محورها لأجل سرعة لخليط الغاز والزيت المار في الحاكمة تتراوح بين (*0.5*و*1.5*) *m/sec*.

وتعمل الفواشة السفلية على إغلاق تماسات الزئبق بالأنبوب الزجاجي السفلي عندما ينخفض مستوى الزيت بشكل كبير في حوض المحولة (مثلاً: تسرب الزيت من الحوض).

تعتبر حماية بوخولز الحماية الوحيدة التي يمكنها كشف العطل في مراحله الأولى

## 4-2-4- حماية تماس جسم المحولة



الشكل(33) حماية تماس جسم المحولة

تقوم بفصل قاطع المحولة عند مرور تيار كهربائي في جسم المحولة حيث تركب محولة تيار حلقية ترى أسفل المحولة يمر عبرها تيار جسم المحولة إلى الأرض ولا يوجد أي طريق أخر للتيار لأن المحولة تكون معزولة عن الأرض بواسطة صفيحة من الفيبر تركب فوق عجلات المحولة مباشرة ،الشكل (33).

## 4-2-5-حماية نقطة النجم




الشكل (34) حماية نقطة النجم

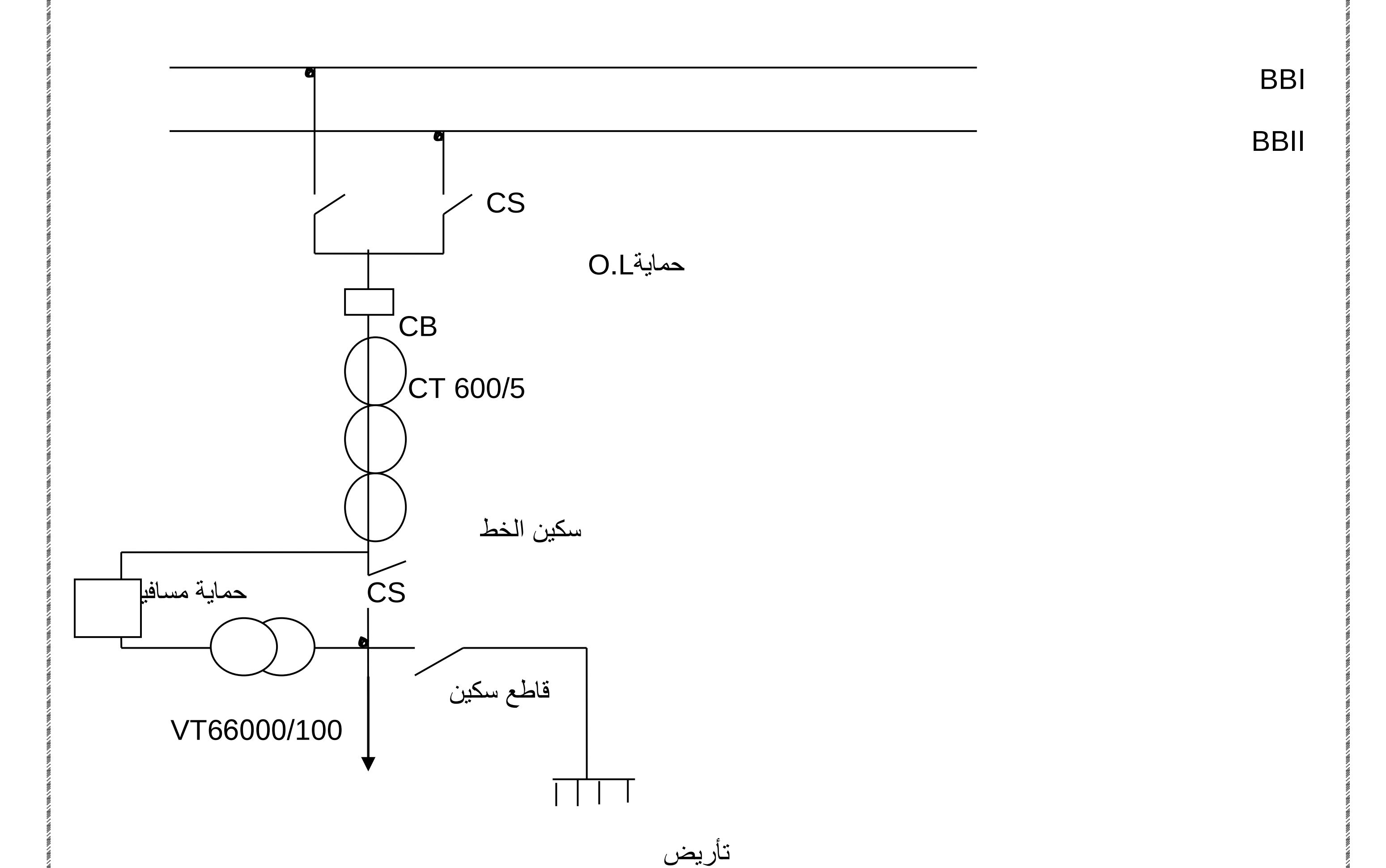
تركب على الطرف الثانوي للمحولة على طرف المحولة المساعدة في المحولة 230/66ك.ف بينما تركب على الطرف الأولي في المحولات 66/20ك.ف لأن طريقة الربط في هذه الحالة يكون نجمي مثلثي, وهي لحماية المحولة من عدم وجود توازن في التيارات الثلاثة ، الشكل (34).

## 4-2-6- الحماية الحرارية

تعمل عند ارتفاع درجة حرارة الزيت أو الملفات التي تصاحب عادة ظهور أعطال قصر الدارة أو زيادة الحمل.تركب المحولة على سكة من الحديد فوق حفرة أرضية مليئة بالحجارة لامتصاص الزيت المسكوب من المحولة.

## 4-3- ثانياً الحمايات الموجودة على الخط

الشكل (35) يظهر مخطط تفصيلي لخلية الخط




الشكل (35) مكونات خلية الخط

## 4-3-1- الحمايةالمسافيةDistance Protection:

1- تستخدم من أجل تحقيق هذه الحماية حاكمة المسافة والتي تعمل عندما تنقص ممانعة الدارة المحمية عن القيمة المعيّرة عليها الحاكمة ، الشكل (36).
2- تكون ممانعة الدارة المحمية في حالة التشغيل النظامية كبيرة مقارنةً مع الممانعة في حالة التشغيل غير النظامية المختلفة ،عند حدوث عطل ما تصبح قيمة التيار كبيرة جداً بينما تتناقص قيمة التوتر فتصغر الممانعة ممّا يسبب عمل الحماية التي تحدد بعد العطل عن المحطة(كم).

3- فإذا كانت ممانعة القسم المراد حمايته($ZL$) فأن التيار المار خلال القسم المراد حمايته إلى منطقة العطل يؤدي إلى توتر يساوي ($V=I.ZL$) وإذا تمت مقارنة التوتر مع التيار في الحماية وتم ترتيب خطة بحيث تعطي الحماية أمر الفصل عندها يكون ($V<I.ZL$) وعادةً فإن الحماية تقيس الممانعة $Z=V/I$ وتتناسب $Z$ مع طول الخط ( طول الخط هو الأساس في هذه الحماية) وتوجد إمكانية لتعيير الحماية لتعطي أمر الفصل عندما يكون العطل ضمن المنطقة المحمية والعمل الانتقائي فيها أسهل في الحصول مما هو عليه في حماية زيادة التيار ويعتمد تركيبها على أسس كهروميكانيكية وكهرومغناطيسية وتحريضية.

4- تعتبر هذه الحماية حماية مركبة.


5- تستخدم هذه الحماية فقط لحماية خطوط التوتر العالي.




الشكل (36) الحماية المسافية

## 4-3-2- حماية زيادة شدة التيار:

وهي كما ذكرنا سابقاً تستخدم للحماية من تيارات القصر للأطوار أو تماس أحد الأطوار مع الأرض في النظام وتستخدم لخطوط (66 و20 ) ك.ف. وتوجد على خلية الخط وخلية الكوبلاج والمحولة وخلايا 20 ك.ف.

## 4-3-3- حماية العطل الأرضي :

وهي تستخدم للحماية في حال حدوث عطل مع الأرض لأحد نواقل الشبكة وتشكل خطورة على عازلية الشبكة والتأريض ضروري في مثل هذه الحالات.

هناك عدة طرق للتأريض منها حيادي معزول ($Z_n=\infty$) حيث $Z_n$ هي ممانعة الطرف المؤرض التأريض المباشر ($Z_n=0$) ، التأريض باستخدام ممانعة ( $Z_n\neq0$) ، التأريض باستخدام وشيعة إخماد القوس.

مع العلم بأن الشبكة المؤرضة مباشرةً : تيار العطل مرتفع ولا يوجد تأثير على توترات الأطوار السليمة.

الشبكة المؤرضة المعزولة :تيار العطل منخفض وترتفع توترات الأطوار السليمة.

في شبكات التوتر العالي والعالي جداً تؤرض نقطة الحيادي مباشرةً لأن التأريض المباشر يسهل مهمة الحماية ،أما في شبكة التوتر المتوسط تكون نقطة الحيادي معزولة.

وفي كل الأحوال فإن من **واجبات المناوب ما يلي :**عند حدوث عطل ما في المحطة عليه معرفة نوع الحماية التي أعطت أمر الفصل (حماية خط أو حماية محولة )ومعرفة نوع الفصل وزمنه وتاريخه ، يسجل بعدها القيم ويعلم مركز العمليات بنوع العطل الحاصل.

## 4-4- مثال 1:عن حماية تفاضلية :

لدينا الحماية التفاضلية التالية المستخدمة لحماية محول قدرة ثلاثي الطور كما هو مبين في الشكل (37)

33KV　　300/5　　S=15 MVA　　?　　11KV

الشكل (37)

سنقوم بحساب نسبة التحويل لمحولات التيار التي يجب وصلها من جهة التوتر KV11 علما" بأن المحولات المتوفرة هي $\frac{300}{5},\frac{1000}{5},\frac{2000}{5},\frac{2500}{5}$وبعد ذلك سنوجد تيار عدم الاتزان (التيار المار في الحاكمة التفاضلية)

أولاً:LV

$$I_b = \frac{15\times1000}{11\times\sqrt{3}} = 787.3A$$

نختار نسبة تحويل المحولة 1000/5

ثانياً:HV

$$I_b = \frac{15\times1000}{33\times\sqrt{3}} = 262.431 \text{ A}$$

التيار المار في الحاكمة لأن الوصل مثلثي :

خرج محولة التيار = دخل الحاكمة

LV التيار الثانوي $I_S = I_R = \frac{787.3\times\sqrt{3}}{\frac{1000}{5}} = 6.818A$

HV التيار الثانوي $I_\Delta = \frac{262.431}{\frac{300}{5}} = 4.3738A$

تيار عدم الاتزان

$\Delta I = I_1 - I_2 = 6.818-4.3738= 2.44415A$

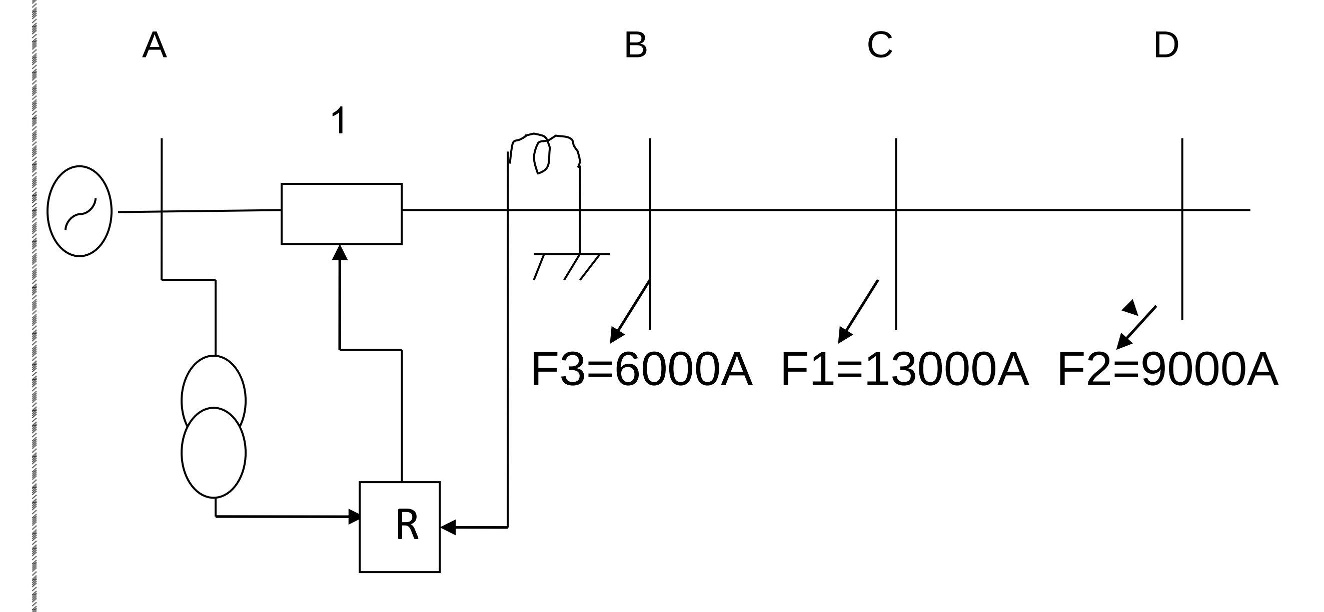
## 5-4- مثال2 : عن حماية مسافية

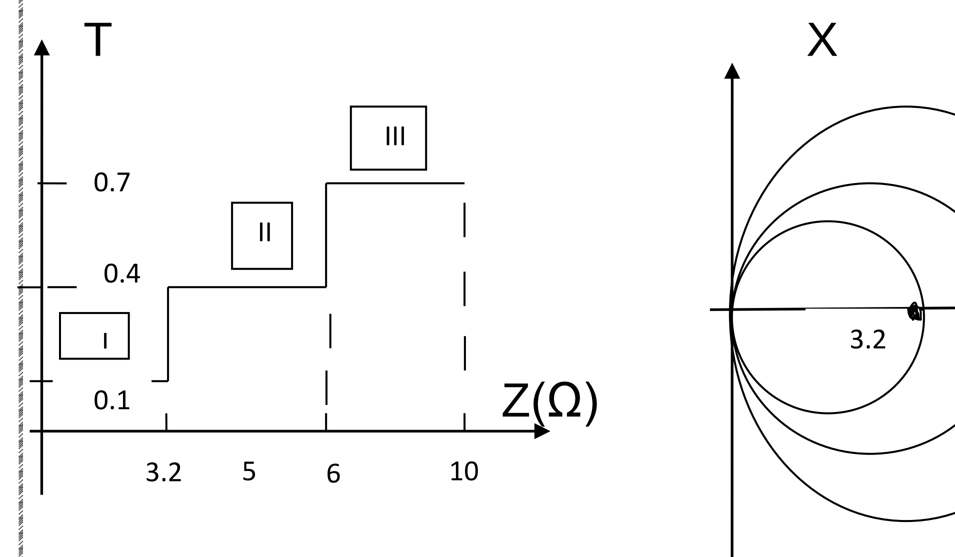
يراد حماية خط نقل بحماية مسافية (1) متوضعة في النقطة A

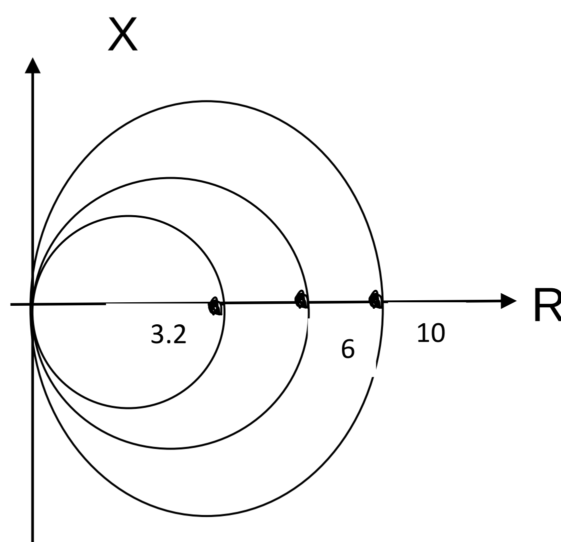
سنقوم برسم مميزة العمل للحاكمة المسافية (1)على المحاور (Z.t)حيث:
$Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CD} = 20[\Omega]$,t1= 0.1 sec,Vt= 110kv/110v

C.T =1000/5, Z1=80%$Z_{AB}$,,Z2 =150%$Z_{AB}$,Z3 =250%$Z_{AB}$

سنوجد الممانعة المقاسة في الحاكمة (1) وذلك للأعطال ثلاثية الطور السابقة F1, F2,F3 لنقرر بعدها أن كنا سنضيف درجة أم لا ، الشكل (38).






الشكل (38)

$Z1= 80\%\ Z_{AB} =80\%\times 20 = 16\ [\Omega]$ ممانعة المرحلة الأولى

في الطرف الثانوي $z_{11}=z_1\frac{nI}{nV} = 16\frac{200}{1000} = [\Omega]$ 3,2

$Z_{21}= 150\% \times 20 \times \frac{200}{1000}=6\ [\Omega]$ ممانعة المرحلة الثانية

$Z_{31}=250\% \times 20 \times \frac{200}{1000}= 10[\Omega]$ ممانعة المرحلة الثالثة

التدرج الزمني بين المراحل $\Delta t=0.3\text{-}0.4$ sec

$t_1=0,1$ sec, $t_2=t_1+\Delta t =0,4$ sec

$t_3=t_2+ \Delta t =0,7$sec

العطل $F_1$ لإيجاد الممانعة المقاسة

$$Z_{F1}= \frac{VA}{IA} =\frac{13000\times 20}{13000}=20[\Omega]$$

من الطرف الثانوي

$$Z_{1F1}= 20 \times \frac{200}{1000} =4[\Omega]$$

من الطرف الثانوي

$$Z_{1F2}= \quad 9000 \times \frac{<20+20>}{9000} \times \frac{200}{1000} \quad =8[\Omega]$$

من الطرف الثانوي

$$Z_{1F3}= \frac{6000\times 60}{6000} \times \frac{200}{1000} \quad =12[\Omega]$$

نلاحظ أن العطل $F_1$ يفصل من قبل الدرجة الثانية والعطل $F_2$ بفصل بالدرجة الثالثة أما العطل $F_3$ فلا يفصل الحاكمة المسافية لذلك نقترح إضافة درجة رابعة.

**الجدول التالي يبين محطات التحويل 66/20 ك ف الموجودة في محافظة حمص واستطاعة كل منها وعدد المحولات في كل منها:**

| م | اسم المحطة | عدد المحولات 66/20 ك ف | الاستطاعة M.V.A |
|---|---|---|---|
| 1 | الجديدة | 3 | 60 |
| 2 | قطينة | 1 | 20 |
| 3 | الشرقية | 2 | 20 |
| 4 | باروحة | 2 | 40 |
| 5 | فيروزة | 2 | 60 |
| 6 | التيفور | 1 | 10 |
| 7 | تدمر | 1 | 20 |
| 8 | شمال حمص | 2 | 60 |
| 9 | حسياء | 2 | 40 |
| 10 | جنوب حمص | 2 | 50 |
| 11 | المخرم | 2 | 40 |
| 12 | الجامعة | 3 | 60 |
| 13 | الذهبية | 2 | 50 |
| 14 | القريتين | 2 | 30 |
| 15 | القصير | 1 | 30 |
| 16 | دير بعلبة | 2 | 40 |
| 17 | الرستن | 1 | 20 |
| 18 | أبو الفوارس | 2 | 60 |
| 19 | الزهراء | 2 | 60 |
| 20 | المدينة الصناعية 1 | 2 | 40 |
| 21 | المدينة الصناعية 2 | 2 | 60 |
| 22 | 230 حسياء | 2 | 60 |
| 23 | حديقة الشعب | 2 | 60 |
| 24 | تلدو | 2 | 40 |
| 25 | السخنة | 2 | 40 |
| 26 | الوعر الحديث | 2 | 60 |
| 27 | الفرفلس | 2 | 40 |
| | المجموع | 51 | 1170 |

# المقترحات والتوصيات

هناك الكثير من المقترحات والتوصيات التي تفيد في تحسين العمل نذكر منها :

1- الاتجاه إلى استبدال الحمايات الكهروميكانيكية وغيرها من الحمايات المستخدمة في المحطات إلى حمايات رقمية Digitalوذلك لمواكبة التطور وزيادة مجال الحساسية وتقليل الأخطاء.
2- تحويل الشبكة الكهربائية الشعاعية إلى شبكة حلقية بهدف زيادة الموثوقية.
3- يجب أن يكون الكادر الفني مؤهل ومدرب بشكل جيد لمواجهة الأعطال بأسرع صورة وبالشكل الأمثل.
4- إخضاع الكادر الذي يعمل في المحطات لدورات مستمرة وتعريفهم بكل جديد

# الخاتمة

وأخيراً لا بد من التنويه بعد الإسهاب في ذكر الحمايات وأهميتها بأن الهدف الرئيس من وراء هذا الموضوع هو تحقيق الحماية التامة في المنظومة الكهربائية وتأتي حماية العنصر البشري الذي هو العنصر الأهم بالدرجة الأولى والحفاظ على سلامته وذلك من خلال اتباع قواعد الأمن الصناعي والالتزام بالتوصيات والمقترحات وأيضاً حماية التجهيزات التي قد تكلفنا الكثير في حال حدوث عطل لم يتم كشفه ، ويرجى أن يكون هذا البحث مفيداً للقارئ.

# المراجع

1- استثمار التجهيزات الكهربائية د.م سميح الجابي منشورات جامعة دمشق 2000
2- موسوعة هندسة الحمايات الكهربائية م. محمد حمادي
3- نقل وتوزيع القدرة الكهربائية ج1 د.م محمد نوري خياطة (جامعة حلب)
4- نشرات فنية متعددة حول أجهزة الحماية.
5- الحمايات م. محمد أديب عضيمة.
6- تصميم الشبكات الكهربائية م. خالد زيدان منشورات جامعة دمشق 1998